

Wolfgang Tschacher

Prozessgestalten



 Hogrefe

46
1997
56
(b)

Prozessgestalten

*Die Anwendung der Selbstorganisationstheorie
und der Theorie dynamischer Systeme
auf Probleme der Psychologie*

von

Wolfgang Tschacher



**Hogrefe • Verlag für Psychologie
Göttingen • Bern • Toronto • Seattle**

Priv. Doz. Dr. Wolfgang Tschacher, geb. 1956. 1976-1978 und 1980-1984 Studium der Psychologie an der Universität Tübingen. Berufliche Tätigkeiten im Bereich der klinischen Psychologie, Ausbildung zum Paar- und Familientherapeuten. 1987-1992 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutschen Institut für Fernstudien (Lernforschung) in Tübingen, 1990 Promotion. Seit 1992 Forschungsleiter an den Universitären Psychiatrischen Diensten in Bern, 1996 Habilitation. Forschungsschwerpunkte: Psychotherapieprozesse, Schizophrenie, Zeitreihenanalyse, theoretische Psychologie.

Die Deutsche Bibliothek - CIP - Einheitsaufnahme

Tschacher, Wolfgang:

Prozessgestalten : die Anwendung der Selbstorganisationstheorie und der Theorie dynamischer Systeme auf Probleme der Psychologie / von Wolfgang Tschacher. - Göttingen ; Bern ; Toronto ; Seattle : Hogrefe, Verl. f. Psychologie, 1997

ISBN 3-8017-1062-9

© by Hogrefe-Verlag, Göttingen • Bern • Toronto • Seattle 1997
Rohnsweg 25, D-37085 Göttingen



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.

Umschlagphoto: Wolfgang Tschacher
Gesamtherstellung: Dieterichsche Universitätsbuchdruckerei
W. Fr. Kaestner GmbH & Co. KG, D-37124 Rosdorf / Göttingen
Printed in Germany
Auf säurefreiem Papier gedruckt

ISBN 3-8017-1062-9

A - 1670428 4/00

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
1.1	Forderungen an Theoriebildung in der Psychologie	1
1.1.1	Psychologie — eine Wissenschaft im Kontext anderer Disziplinen	1
1.1.2	Psychologie — eine nichtlineare Disziplin	2
1.1.3	Dynamik und Psychologie	5
1.1.4	Ordnung und Ordnungsentstehung muss erklärt werden	7
1.2	Wege zu Antworten auf diese Forderungen	7
2.	Selbststrukturierung in komplexen Systemen	13
2.1	Selbstorganisation in natürlichen Systemen	13
2.2	Gleichgewichte und Musterbildung in psychologischen Systemen	13
2.2.1	Klinische Psychologie	15
2.2.2	Psychopathologie	18
2.2.3	Allgemeine Psychologie	19
2.2.4	Sozialpsychologie	20
2.2.5	Psychophysiologie	21
2.2.6	Kognitionswissenschaft	21
3.	Die Modellierung dynamischer Systeme	23
3.1	Induktive Modellierung	26
3.1.1	Lineare induktive Modellierung	26
3.1.1.1	Autokorrelation	27
3.1.1.2	ARIMA-Modellierung	28
3.1.1.3	Fourieranalyse	29
3.1.1.4	Multivariate lineare Modellierung	30
3.1.2	Nichtlineare induktive Modellierung	31
3.1.2.1	Einbettung einer Zeitreihe	31
3.1.2.2	"Typische" Eigenschaften eines Systems im Phasenraum	35
3.2	Deduktive Modellierung	44
3.2.1	Stabilität	45
3.2.2	Instabilität und Selbstorganisation	47
3.2.3	Bifurkationen	48
3.3	Hypothetiko-deduktives Modellieren	50
3.3.1	Methodenkritik und Methodenindikation	50
3.3.2	Integration der beiden Modellierungs"richtungen"	52
4.	Die Entwicklung des Gestaltbegriffs	55
4.1	Freie Ordnung	59
4.2	Stabilität, Invarianz und Varianz	60
4.3	Prägnanz	63
4.4	Isomorphismus	65
5.	Selbstorganisation und Gestalt: Prozessgestalt	68
5.1	Parallelen zwischen Gestalttheorie und Selbstorganisationsansatz	69
5.2	Revisionen	70
6.	Konzeptualisierung psychologischer Systeme	77
6.1	Allgemeines zum Systembegriff	77
6.2	Komplexe psychologische Systeme	83
6.2.1	Operationale Definition von Komplexität und Ordnung	83
6.2.2	Komplexität in psychologischen Systemen	86

7.	Selbstorganisation in komplexen psychologischen Systemen	93
7.1	Von der Kognition zur Handlung	93
7.2	Selbstorganisation in Endosachverhalten?	103
8.	Empirische Studien von Prozessgestalten	112
8.1	Krisenstudie — die Dynamik psychosozialer Krisen	117
8.2	Psychopathologie	131
8.2.1	Das Konzept der dynamischen Krankheit ("dynamical disease")	131
8.2.1.1	Klassifikation von Zeitreihen	133
8.2.1.2	Testung von Klassifikationshypothesen mit Bootstrap-Methoden	136
8.2.2	Zwei exemplarische Zeitreihen	137
8.2.2.1	Eine Zeitreihe zum Rauchverhalten	137
8.2.2.2	Aggressionszeitreihe	143
8.2.3	Soteriastudie	146
8.2.4	Multivariate Soteriastudie	159
8.2.5	Diskussion der Zeitreihen zur Psychopathologie	168
8.3	Prozessstudien zur Psychotherapie	170
8.3.1	Weinheimstudie	170
8.3.2	Berner Psychotherapiestudie	180
8.3.3	Ordnung von Therapiesystemen und Therapie-Outcome	187
8.3.4	Worauf geht die Ordnung im Therapiesystem zurück?	192
8.3.5	Zusammenfassende Diskussion der Prozessstudien zur Psychotherapie	194
8.4	Dynamik in psychosozialen Systemen	195
8.4.1	Studie zur Gruppenentwicklung	198
8.4.2	Analyse eines Paarsystems	203
8.4.3	Studie einer Triade	204
8.4.4	Analyse eines Paarsystems	206
8.4.5	Diskussion der Studien zu psychosozialen Systemen	209
8.5	Herzaktivität und Schlafdaten	210
8.5.1	Zeitreihen zur Herzaktivität	210
8.5.2	Die Evolution des Schlaf-Wach-Rhythmus	214
8.6	Soziophysiologische Untersuchung eines Therapiesystems	220
8.6.1	Soziophysiologische Arbeitshypothesen	220
8.6.2	Studie zur Kopplung des Atemverhaltens	221
9.	Diskussion, Schlussfolgerungen und Ausblick	225
9.1	Diskussion der empirischen Ergebnisse	225
9.1.1	Resümee aus den empirischen Studien	225
9.1.2	Diskussion methodologischer Innovationen	230
9.2	Bedeutung der Prozessgestalten in theoretischer Hinsicht	232
9.2.1	Homunkuli und Selbstmodellierungsgrad	232
9.2.2	Das psychologische "Selbst" als diversifizierendes Endosystem	235
9.3	Zur Übertragung in die Praxis	241
9.3.1	Bemerkungen zur Metaphorik	241
9.3.2	Intervention in Prozessgestalten	244
	Glossar und Abkürzungen	250
	Literatur	261
	Personenverzeichnis	278
	Sachverzeichnis	284

Vorwort

Ich verdanke vielen Personen wesentliche Hilfe und Unterstützung bei der Erhebung und Bearbeitung von Daten. Oft profitierte ich auch von ihren Ideen, die mich an schwierigen Stellen weiterbrachten; solche Personen sind Lisa Aebi, Nicole Baur, Heinz Blunier, Ewald Johannes Brunner, Patricia Graf, Alex Hannemann, Vreni Karametaxas, Zeno Kupper, Alfred Meier-Koll, Rudolf Müller, Uwe Prudlo, Charlotte Quast, Otto Rössler, Andrea Ruff, und Frederic Soum. Das Team der Soteria, die Kriseninterventionsequipe und das Team der Tagesklinik haben zum Gelingen verschiedener Projekte, auf die ich mich hier beziehen kann, entscheidend beigetragen. Zu danken ist auch allen Probanden, Studenten und Patienten, deren "Daten" die Grundlage der hier dargelegten empirischen Studien bilden; da sie in der Regel beobachteten, wie wir sie oder sie sich selbst beobachteten, um so mit uns und sich ein Endosystem zu bilden, sei ihnen auch für ihre kreative Leistung gedankt.

Den wichtigen institutionellen Rückhalt für meine Arbeit fand ich bei Prof. Luc Ciompi und Prof. Hans Dieter Brenner, den Direktoren der alten Sozialpsychiatrischen Universitätsklinik. Aus Diskussionen mit Luc Ciompi resultierten viele Anregungen.

Eine ergiebige Gedankenquelle und hervorragendes Austauschforum bot in den vergangenen Jahren die Symposienreihe "Herbstakademie", die Günter Schiepek, Ewald Johannes Brunner und ich organisieren. Ich danke den Weggefährten bei diesem Unternehmen ebenso wie Prof. Hermann Haken, der uns dabei als Mentor unterstützt. Das Jahr 1987, als ich Hermann Haken in Stuttgart zum erstenmal besuchte, ist für meine Beschäftigung mit "Prozessgestalten" ein wichtiges Datum, weil sich eine Kernkonzeption, durch freundliches Interesse bestärkt, formieren konnte.

Christian Scheier hat in theoretischen Diskussionen und besonders durch sein methodologisches Gespür entscheidende Impulse gegeben; er hat viele Algorithmen, auf die ich mich stütze, der aktuellen Diskussion der dynamics community und den Tiefen des WWW entnommen und implementiert.

Mit Klaus Grawe habe ich den Titel "Prozessgestalten" ausgedacht; als der Titel stand, war die Ausführung nur noch — Formsache. Klaus Grawe hat mir ausserdem Daten aus Jahren seiner Forschungsarbeit grosszügig zur Verfügung gestellt; auf diese Vorarbeit, zu der Urs Braun und viele Mitarbeiter der psychotherapeutischen Praxisstelle der Universität Bern beitrugen, baut ein grosser Teil meiner Ausführungen zur Psychotherapie.

Sehr danke ich den Freunden, die, auch als ich mich in Arbeit und nach Bern verabschiedete, noch an mich dachten.

Meiner Familie, besonders Daniela, Julian, Niko und David, schulde ich eine Grundvoraussetzung für meine Arbeit. Ihnen ist sie gewidmet.

Wolfgang Tschacher
Bern, im Januar 1997

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Forderungen an Theoriebildung in der Psychologie

1.1.1 Psychologie — eine Wissenschaft im Kontext anderer Disziplinen

Es gibt viele berechtigte Gründe, die Wissenschaft Psychologie für etwas besonderes zu halten. Betrachtet man die Philosophiegeschichte, so scheint in vielen Fällen die Psychologie diejenige Disziplin zu sein, die von der Diskussion über die zentralen Probleme immer wieder betroffen ist. Man denke nur an das Leib-Seele-Problem (wie verhalten sich Materie und Geist zueinander?) oder das Subjekt-Objekt-Problem (wie ist einem beobachtenden Subjekt Objektivität möglich?). In beiden Fragenkomplexen liegt die Psychologie genau über den Verwerfungslinien, die sich in den entsprechenden Diskussionen ergeben. Diese Lage ist privilegiert und zugleich prekär: wer würde bezweifeln, dass Geologie, Informatik, Philologie wissenschaftliche Disziplinen sind, mit denen man sich, Interesse vorausgesetzt, befassen kann? Genau solche Zweifel sind aber im Falle der Psychologie durchaus immer wieder geäußert worden. Wenn auch die radikalen Auffassungen, die die Psychologie als "nichts-als-Physiologie" oder als "nichts-als-Hermeneutik" ansehen wollen, zumindest im wissenschaftlichen Diskurs nicht mehr so aktuell sind, scheiden sich an psychologischen Fragestellungen doch nach wie vor die Geister. Die Polarisierung in die eher geisteswissenschaftliche oder die eher naturwissenschaftliche, in die eher idiographische und eher nomothetische, die eher quantifizierende und die eher qualitative Richtung ist nach wie vor vorhanden.

Sollte es angesichts solcher Polaritäten gelingen, mit *einer* wissenschaftlichen Methodik, mit einer einzigen Auffassung von Wissenschaft der Psychologie gerecht zu werden? Eine mögliche und populäre Antwort ist es, diese Integration erst gar nicht zu versuchen, und stattdessen von zwei verschiedenen Welten mit je eigener Philosophie und Methodik auszugehen (Snow, 1967; Popper & Eccles, 1982; Winoograd & Flores, 1986). Ist also die ebenfalls alte Vorstellung von der einheitlichen, ja der Einheitswissenschaft im Sinne Machs unhaltbar?

Ich denke, dass in den letzten Jahrzehnten die Hoffnung auf einen integrativen Zugang zu wissenschaftlichen Fragen unterschiedlicher Phänomenbereiche durch einige Entwicklungen genährt wurde und Terrain gewonnen hat. Zu diesen Entwick-

lungen gehört nach meiner Ansicht die *Theorie dynamischer Systeme*, die eine einheitliche und nicht fachgebundene Methodologie zur Verfügung zu stellen begonnen hat (Abraham & Shaw, 1992; Abarbanel et al., 1993). Weiterhin zeigen sich neue transdisziplinäre Ansätze, die zum Verständnis komplexer und offener Systeme beitragen — *komplexe Systeme*, so hat in den vergangenen Jahren die naturwissenschaftliche Forschung erwiesen, verhalten und entwickeln sich auf eine Weise, die man bislang den besonderen Bedingungen der belebten Natur vorbehalten glaubte: sie erzeugen aus sich selbst heraus geordnete Zustände, sie entwickeln sich zudem in Sprüngen und Phasen (Haken, 1990; Prigogine, 1979). Und zuletzt gibt es immer wieder Versuche auch ausserhalb der Hermeneutik, nämlich gerade im Zusammenhang mit komplexen offenen Systemen, die Subjekt-Objekt-Problematik in ihren Konsequenzen für wissenschaftliches Tun prinzipiell zu beleuchten (Rössler, 1992a; Atmanspacher & Dalenoort, 1994). Man kann das als die Diskussion der *Endosysteme* bezeichnen.

Diese Entwicklungslinien müssen die Psychologie interessieren. Es mag sein, dass sie dadurch etwas vom zweifelhaften Privileg, geradewegs im Zentrum nicht lösbarer Probleme zu stehen, verliert. Der Zugewinn einer interdisziplinären Sprache und Methodik sollte dies jedoch aufwiegen. Das scheint mir umso mehr zuzutreffen, als die Anbindung an (natur-)wissenschaftliches Denken dabei nicht wieder bedeuten soll, Phänomene der Psychologie "wegzuerklären", so wie das durch den am Positivismus orientierten Behaviorismus unternommen wurde.

Meine Hoffnung ist also, dass durch den Einbezug der Dynamik komplexer psychologischer Systeme in die psychologische Forschung sich gleichzeitig für die Psychologie traditionelle Gräben schliessen lassen können. Die Ziele und Ansprüche der nomothetischen und der idiographischen Auffassung, die an die zwei Wissenschaftskulturen Naturwissenschaft und Hermeneutik geknüpft werden, können durch eine um die Zeitperspektive erweiterte Forschung integriert werden. Auch die Unterscheidung zwischen psychologischer und naturwissenschaftlicher Forschung zählt nach meinem Dafürhalten zu den überflüssigen Trennlinien. Sie sind als nur vorläufige Gegensätze aufgehoben in einem empirischen wissenschaftlichen Ansatz, der sich der *Dynamik komplexer Systeme* widmet (Mainzer, 1993). Die relevanten Unterscheidungen sind nicht prinzipieller Natur — hier die Natur-, dort die Sozial- und Geisteswissenschaften — sondern nur empirischer Natur. Sie betreffen die Frage, welchen Systemen (in allen wissenschaftlichen Domänen) Struktur und Gestalt entspringt, d.h. welche Systeme die Eigenarten selbstorganisierender adaptiver Systeme aufweisen. In Wittgenstein (1921) lautet entsprechend Satz 4.1121: "Die Psychologie ist der Philosophie nicht verwandter als irgendeine andere Naturwissenschaft."

1.1.2 Psychologie — eine nichtlineare Disziplin

Diese konzeptuellen Überlegungen sind der eine Grundsatz dieser Arbeit, der im folgenden immer wieder indirekt angesprochen ist. Der andere, damit in Verbindung

stehende, ist inhaltlicher bzw. phänomenologischer Natur: ich vertrete die Auffassung, dass psychologische Sachverhalte häufig durch Nichtlinearität und Rekursivität charakterisiert sind, und dass diesem Umstand mehr Rechnung getragen werden sollte. In der Psychologie herrscht selten lineare Kausalität.

Nach wie vor wird in der fachlichen Diskussion unter "Kausalität" vereinfachend lineare Kausalität verstanden. Angesichts des häufigen Ungenügens der linearen Modelle und Vorhersagen ist in der Psychologie, besonders in den Anwendungsfächern der klinischen Psychologie, deshalb auch die Meinung verbreitet, man müsse das kausale Erklärungsprinzip insgesamt in Frage stellen. Hierzu gehört die Radikalisierung eines an sich fruchtbaren "systemischen" Gedankens: "Alles hängt mit allem zusammen... — also ist jede spezifische Einzelaussage unzutreffend". Ich halte diesen Skeptizismus, der sich auf eine Art von "Systemdenken" stützt, für voreilig. Die Entwicklung der wissenschaftlichen Methodik befindet sich mittlerweile an der Schwelle dazu, die Welt der nichtlinearen Kausalität zu erforschen, und es scheint, dass viele als willkürlich, unvorhersagbar, emergent und innovativ zu bezeichnenden Phänomene auf wohl nichtlineare, aber doch kausale Weise zustandekommen. Statt die Suche nach kausalen Zusammenhängen aufzugeben, gilt es, vereinfachte Vorstellungen von linearer Kausalität in einer starken Formulierung ("*Ähnliche* Ursachen haben *ähnliche* Wirkungen") zu hinterfragen. Die nichtlineare Dynamik hat gezeigt, dass schon kleine Abweichungen in den Anfangsbedingungen nicht vorhersehbare grosse Unterschiede in den Folgen nach sich ziehen können. Dennoch kann ein solches sensibles System strikt deterministisch im Sinne eines vorsichtiger formulierten Kausalprinzips sein: "*Gleiche* Ursachen zeitigen *gleiche* Wirkungen". Es wird nun also nötig, auf dem Hintergrund der Nichtlinearität mit komplizierteren Unterscheidungen zu rechnen und diese bei der Modellierung von Sachverhalten zu berücksichtigen.

In welcher Form treffen wir auf Nichtlinearität und Rekursivität? Das experimentelle Querschnittsparadigma in der Psychologie untersucht die Beeinflussung von abhängigen Variablen AV durch die im Rahmen eines Versuchs kontrollierten unabhängigen Variablen UV. Das Verfahren suggeriert ein einseitig gerichtetes Kausalverhältnis zwischen beiden Variablenkomplexen. Natürlich kann in weiteren Experimenten die Zuweisung der Variablen zu den Versuchsbedingungen verändert, prinzipiell auch vertauscht werden. Ist ein Sachverhalt gut untersucht, so dass tatsächlich verschiedene Resultate von Einzelexperimenten vorliegen, so wird oft stillschweigend davon ausgegangen, dass sich diese Resultate anschliessend zu einem zutreffenden Bild des gesamten Untersuchungsgegenstandes wieder zusammensetzen lassen. Die Annahme hier ist üblicherweise also die der Additivität der Einzelaussagen: man geht von der mosaikartigen Zusammenfügbarkeit der in einem reduktionistischen Forschungsprogramm anfallenden Einzelbefunde aus.

Ist das plausibel? Ich fürchte, dass die Hoffnung auf die Additivität von Einzelbefunden in vielen Fällen leider vergeblich ist. Vermutlich ist dies gerade in den interessanten Sachverhalten so. Es hat sich nämlich in der Systemtheorie, beginnend mit der Kybernetik, gezeigt, dass gerade Wechselwirkungen, d.h. rekursive, wechselseitig

aufeinander bezogene Kausalität, ausschlaggebend für die Entstehung von Ordnung und Struktur sind. Bereits also die Tatsache von beobachtbarer Struktur, die Existenz dessen, das die Psychologie wie auch die anderen Wissenschaften betrachtet (d.h., beschreiben und verstehen möchte), setzt oft schon voraus, dass ein nichtadditives Wechselwirken stattfindet oder stattfand. Weiterhin gilt dies in gleicher Weise für stabile Zustände: Stabilität, Gleichgewicht, Homöostase werden regelmässig in solchen Sachverhalten beobachtet, in denen Variablen rekursiv aufeinander einwirken. Die einfachste Form solcher Rekursivität ist der Regelkreis (Miller et al., 1960). Kompliziertere Formen sind Wirkungsgefüge aus mehreren oder vielen solchen Regelkreisen (vernetzte Systeme: Bischof, 1985; Dörner et al., 1983). Die Selbstorganisationstheorien betrachten das Zusammenwirken sehr vieler Mikrokomponenten, die durch ihre Interaktion makroskopische Muster hervorbringen können. Es kann also mit Recht darauf verwiesen werden, dass die Beachtung nur einzelner Zusammenhänge, die aus diesen Wirkungsgefügen herauspräpariert sind, keine grosse Wirklichkeitsnähe und Relevanz beanspruchen kann.

Es ist zunächst verwirrend, sich die verschiedenen Begriffe von Linearität und Nichtlinearität in der gegenwärtigen Diskussion vor Augen zu führen, da diese in recht unterschiedlichen Bedeutungen verwandt werden.

- Die eine Bedeutung ist die bereits angesprochene der *Additivität*: ein Zusammenhang ist dann linear, wenn viele kleine Wirkungen in toto zu einer Wirkung führen, die aus der Summe der einzelnen Wirkungen besteht. Die Additivität ist ein altes Streitthema in der Psychologie (hier oft auch "Summativität"); sie stand bereits im Zentrum der Auseinandersetzungen zwischen dem Assoziationismus und den ganzheitlichen Ansätzen zur Zeit Wundts (Herrmann, 1976). Das Ganze oder die Gestalten seien übersummativ bzw. nichtsummativ, lautete die nichtassoziationistische (also nichtlineare) Auffassung (s. Kapitel 4 und 5).

- Zweitens ist mit der Linearität die Frage der *Emergenz* angesprochen: kann aus simplen Zusammenhängen spontan etwas Neues, Überraschendes entspringen? Dieses emergente Neue wäre offensichtlich nichtlinear insofern, als sich beim Zusammenwirken etwas qualitativ ("übersummativ") Neues ergibt.

- Eine weitere Bedeutungsebene von Nichtlinearität entsteht durch den Einbezug der statistischen Physik und *Thermodynamik* in Zusammenhang mit Fragen, die komplexe Systeme betreffen. Der lineare Ausgangspunkt ist besonders durch den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik bekannt, der besagt, dass in komplexen (Vielteilchen-)Systemen die Unordnung nicht sinken kann. Linear bedeutet hier, dass die Flüsse und Kräfte in einem System in einer linearen Beziehung stehen. Ein Beispiel ist das Fouriersche Gesetz, nach dem der Wärmestrom proportional dem Temperaturgradienten ist. Proportionalität ist eine Eigenschaft eines linearen Zusammenhangs. Dieser "lineare Bereich" im Funktionieren eines komplexen dissipativen Systems wird vom nichtlinearen Bereich ("fern vom thermodynamischen Gleichgewicht" in der Ausdrucksweise Prigogines (1979)) unterschieden.

- Schliesslich wird mit dem Begriff der Nichtlinearität darauf verwiesen, dass

solche dynamischen Systeme betrachtet werden, die durch *Differentialgleichungen* zu beschreiben sind, die mathematische Nichtlinearitäten enthalten. Beispielsweise ist

$$\begin{aligned}\frac{dX}{dt} &= aX + bY + c \\ \frac{dY}{dt} &= kX + lY + m\end{aligned}\tag{I.1}$$

ein lineares Gleichungssystem mit den Variablen $\{X, Y\}$ und den konstanten Parametern $\{a, b, c, k, l, m\}$. "Linear" bedeutet hier: die Veränderungen (durch die auf den linken Seiten stehenden Differentialquotienten ausgedrückt) sind den Variablenausprägungen proportional. Ein Beispiel für ein nichtlineares Gleichungssystem ist z.B.

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -y - z \\ \frac{dy}{dt} &= x + ay \\ \frac{dz}{dt} &= xz - cz + b\end{aligned}\tag{I.2}$$

Die Nichtlinearität in System (I.2) geht lediglich auf den Term xz in der dritten Teilgleichung zurück; sie hat jedoch, wie sich noch herausstellen wird, grosse qualitative Folgen. An die Thematik Nichtlinearität lassen sich eine Reihe anderer Begriffe anlagern. Es betrifft offensichtlich das für die Wissenschaften unerlässliche Vorgehen des *Reduktionismus*, wenn wie oben in Frage gestellt ist, ob sich Sachverhalte in Teile aufspalten lassen. Wenn man wissenschaftliche Probleme reduzieren kann, ergeben sich Teilprobleme, die dann vereinfacht untersucht werden können, und anschliessend zur Beantwortung ganzheitlicher Fragen wieder zusammengesetzt werden können. Es zeigt sich dann auch, dass neben einer diffusen "holistischen" Ganzheitsannahme verschiedene Reduktionismen möglich bleiben, die in Abhängigkeit davon stehen, wie man sich die Zusammensetzbarkeit des Ganzen vorstellt: geht die Synthese additiv oder nichtadditiv, linear oder nichtlinear vonstatten? Das sind Fragen nach Möglichkeiten der Modellierung, die in Kapitel 3 ausführlich weiter besprochen werden sollen.

1.1.3 Dynamik und Psychologie

Die Hauptströmung in der heutigen wissenschaftlichen Psychologie geht also — oft implizit — davon aus, dass es einfache und lineare Gesetze gäbe, die den Zusammenhang psychologischer Variablen regeln sollen. Der unmittelbare Blick auf diese

Gesetze sei zwar durch die unvermeidliche Fehlervarianz und eventuell durch die hohe Anzahl solcher Gesetze, die "Multikausalität", verstellt; dennoch sollte es der Forschung durch experimentelle Versuchsanordnungen gelingen, den vermuteten Kausalzusammenhang sozusagen "chirurgisch" freizulegen.

Variablenausprägungen in voneinander unabhängigen Systemen zu vergleichen ist nun sicher ein sinnvoller Weg; allerdings beherrscht dieses Vorgehen bislang mit einer auffälligen Dominanz die Methodik der Psychologie und der Sozialwissenschaften: sogar in psychologischen Disziplinen, die sich dezidiert mit Zeit und Entwicklung befassen (z.B. der Entwicklungspsychologie oder der klinischen Psychologie) sind Querschnittsanalysen weithin die Regel.

Es ist natürlich wohl möglich, eine statische Psychologie zu begründen. Diese handelt von Merkmalen, die bestimmten hypostasierten Strukturen zukommen. Solche "Eigenschaftstheorien" wurden vor allem in der Persönlichkeitspsychologie (z.B. Cattell, 1965) und der Motivationspsychologie (z.B. McDougall, 1932) formuliert. Man kann damit auch Eigenschaften von sozialen Systemen unter unterschiedlichen Bedingungen untersuchen. Das Statische in der Psychologie manifestiert sich nicht nur in den Eigenschaftstheorien, sondern auch in ihren traditionellen Gegenspielern, den situationsbezogenen Theorien. Wenn auch das Forschungsinteresse sich nun auf die Änderung des Verhaltens aufgrund seiner Situationsdeterminiertheit bezog, bedeutete dies noch lange nicht, dass Querschnittsdesigns an Dominanz verloren hätten.

Ich halte die Ergebnisse der statischen Psychologie für wichtig, aber unzureichend. In einem oft nicht unmittelbar ersichtlichen Ausmass sind die Ergebnisse sogar auch irreführend, z.B. wenn reale Unterschiede durch die gewählte Statistik nicht repräsentiert werden oder "weggemittelt" werden. Dies ist regelmässig dann der Fall, wenn sich Sachverhalte nicht in ihren Merkmalen, sondern in ihrer Dynamik unterscheiden.

Nach meiner Ansicht erweitern sich die Erkenntnismöglichkeiten bedeutend, wenn die Dynamik eines Sachverhalts beachtet wird. Man kann sprichwörtlich das Wesen eines Gegenstands oft nur erkennen, wenn er sich bewegt bzw. verändert. Es hat einen Grund, wenn bewegte Stimuli schneller zur Orientierungsreaktion führen: Was sich bewegt, ist oft relevanter. Dynamische Information ist überproportional reichhaltiger als Querschnittsinformation.

Die "Dimension Zeit" ist daher eine zu Unrecht vernachlässigte Grösse in der Psychologie. Wie kann die Zeit einbezogen werden? Gesucht sind Methoden, die das Studium der Evolution einzelner Systeme erlauben. Der Methodenkanon ist demnach zu ergänzen um *Zeitreihenanalysen* und um *dynamische* Modellierungstechniken (s. Kapitel 3). Um also die Psychologie methodisch in die Lage zu versetzen, der phänomenal vorfindlichen nichtlinearen und dynamischen Komplexität ihres Gegenstands gerecht zu werden, muss sie sich in ihrem methodischen Repertoire erweitern und reformieren (Priestley, 1988; Schmitz, 1989; Tong, 1990; Abarbanel et al., 1993).

1.1.4 Ordnung und Ordnungsentstehung muss erklärt werden

Ein Ansatz, der nicht nur interdisziplinär verankert ist, sondern auch innerhalb der Psychologie integrativ wirken soll, muss bestimmte Gruppen von Phänomenen erklären können. Solche Phänomene sind Ordnung, Entstehung von Ordnung, und die Umweltadäquatheit der Ordnung im Sinne von Anpassung. In diesen Kontext zu erklärender Phänomene gehört auch die introspektive Realität der Ziele von Handlungen, die Motivation und die Volition. Es geht also darum, Homöostase, Stabilität und Optimierung zu beleuchten (Bischof, 1995).

Unter den Begriff Ordnung fallen viele sehr unterschiedliche Tatsachen: die wahrgenommene Gestalt der phänomenalen Welt erscheint etwa geordnet und regelhaft; diese Strukturiertheit unserer Wahrnehmungswelt gehört zu den Alltags-Selbstverständlichkeiten. Ebenso weist auch das soziale Geflecht einer Gruppe oder eines Therapeut-Patient-Systems Muster und Struktur auf. Da alle diese Strukturen in einer variierenden Umwelt eingebettet sind, und darüberhinaus "aus sich selbst heraus" Veränderungen aufweisen, bedeutet Ordnung und Struktur meist: zeitliche Regelmäßigkeit und Vorhersagbarkeit, also sequentielle, dynamische Ordnung und Struktur. Dynamische Muster kann man sich dabei als gleichbleibend über bestimmte Zeitabschnitte vorstellen; sie werden dann als stationär bezeichnet. Wenn eine Form von Muster in eine andere übergeht, liegt entsprechend ein nichtstationärer Verlauf vor. Natürlicherweise ist auch die Entstehung von Ordnung aus Unordnung in diesem Sinne nichtstationär.

Das pure Vorhandensein von Ordnung gewährleistet nicht zugleich auch schon ihre Funktionalität und Nützlichkeit. Es entsteht daher eine weitere und erklärungsbedürftige Thematik: wie evolvieren Strukturen so, dass sie mit einem vorgegebenen Kontext harmonieren; wie können sich Strukturen zweckmässig an wechselnde Kontexte durch Akkomodation und Assimilation anpassen? Bei diesen Fragen werden also Ziele und Zwecke angesprochen — sicherlich für eine wissenschaftliche Behandlung brisante Aspekte von geordneten Systemen. Man könnte also die Frage neu formulieren: wie lässt sich zweckmässige Ordnung beschreiben und erklären ohne in Teleologie zu verfallen und ohne einen Homunkulus zu bemühen? Diese Fragestellung werde ich an verschiedenen Stellen der "Prozessgestalten" immer wieder aufgreifen.

1.2 Wege zu Antworten auf diese Forderungen

Die Traditionen, auf die ich mich in der Behandlung der "Prozessgestalten" beziehen und stützen werde, sind die Gestaltpsychologie, die Theorie dynamischer Systeme und die Selbstorganisationstheorie. In diesen Traditionen oder besser: wissenschaftlichen Forschungsprogrammen werden die oben genannten Themen der Nichtlinearität, der Musterentstehung, der Homöostase und Stabilität und der Optimierung angesprochen. Diese Forschungsprogramme streben die Integration verschiedener

Teiltheorien in eine umfassende Konzeptualisierung an. Jeder Ansatz hat natürlich seinen eigenen, mehr methodologischen oder mehr phänomenologischen Zugang zu den Themen, um die es in der vorliegenden Arbeit gehen soll; alle drei Ansätze können daher zu einer — wie ich hoffe, für die Psychologie fruchtbaren — Synthese gebracht werden.

- Die **Gestaltpsychologie** ist eine Strömung in der Psychologie, die sich besonders in den Jahren ab 1920 bis in die vierziger Jahre hinein als eine Gegenposition zu reduktionistischen Positionen verstand. Gestaltpsychologie befasst sich — ganz allgemein gesprochen — mit dem Verhältnis von Teil und Ganzem, von Element und Menge (Lewin, 1936). Der Kern des Ansatzes ist die Auffassung, dass durch die Kombination von Komponenten Ganzheiten entstehen können, deren Eigenschaften völlig anders zu beschreiben sind als die Eigenschaften ihrer Bestandteile. Das Ganze ist nicht die Summe der Teile, denn das Zusammenwirken der Teile führt zu emergenten Eigenschaften. Solche Gestalteigenschaften (Helson, 1933) wurden zunächst besonders in der Wahrnehmung gefunden (s. Abb. 1.1).

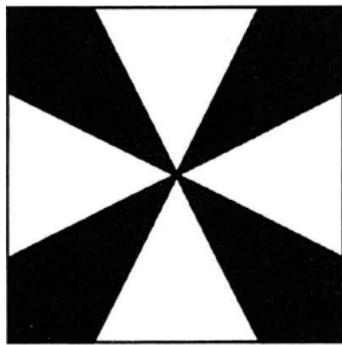


Abb. 1.1. Demonstration emergenter Eigenschaften in einer einfachen geometrischen Anordnung. Betrachtet man das aufrechtstehende weisse Kreuz, bleibt ein schwarzer Hintergrund; beim Betrachten des schwarzen diagonalen Kreuzes andererseits erhebt sich dieses über einem weissen Hintergrund. Der Eindruck von Figur und Grund ist eine Gestaltqualität, die bezüglich der physisch vorhandenen schwarzen und weissen Flächen emergent ist (nach Metzger, 1963)

- Die **Theorie dynamischer Systeme** stellt eine mathematische Methodik dar, die es erlaubt, Zustände und zeitliches Verhalten eines Systems in einem geometrischen Raum darzustellen (Abraham & Shaw, 1992). Idealerweise bestehen die Richtungen dieses Raumes (des "Phasenraums") aus denjenigen Variablen des Systems, die die relevanten Merkmale des Systems erschöpfend beschreiben. Ein momentaner Systemzustand ist daher durch einen Punkt im Phasenraum repräsentiert. Einer kontinuierlichen Veränderung entspricht eine Linie (eine "Trajektorie", also gewissermaßen "Flugbahn" im Phasenraum). Mit geometrischen Mitteln lassen sich nun Eigenschaften eines Systems, insbesondere aber Eigenschaften seiner Dynamik, durch die Untersuchung der Trajektorien beschreiben, klassifizieren und vorhersagen.

Eine spezielle Form von Verhalten zeigen etwa Systeme, die Stabilität und dynamisches Gleichgewicht ausbilden; die Repräsentationen von Gleichgewichten im Phasenraum sind "Attraktoren", also geometrische Formen (Mannigfaltigkeiten), die Trajektorien "anziehen". Der einfachste Attraktor ist ein Punkt im Phasenraum; dieser symbolisiert eine Klasse von Gleichgewichten, bei der sich ein System von vielen unterschiedlichen Zuständen (Anfangsbedingungen) ausgehend stets in einen einzigen asymptotisch stabilen Zustand hineinbewegt (Abb. 1.2). Als Beispiel für ein System mit einem Punktattraktor stelle man sich eine Person mit ausgeglichener Emotionalität vor, die angesichts unterschiedlicher äusserer Einflüsse, die Auslenkungen verursachen, stets wieder in ihre eigene, stabil gleichbleibende Befindlichkeit zurückfindet. Ein Beispiel eines komplizierten "seltsamen Attraktors" zeigt Abb. 1.3: der Rössler-Attraktor ist ein Attraktor, der zwar auch Trajektorien anzieht, zugleich aber zusätzlich die Trajektorien, die dann schliesslich auf dem Attraktor umlaufen, kontinuierlich durcheinermischt. Die generierenden Gleichungen des Rössler-Attraktors wurden oben angegeben (I.2). Diese durchmischende Eigenschaft von Attraktoren nennt man "chaotisch" (Rössler, 1976; Thompson & Stewart, 1986). Ein psychologisches Beispiel könnte möglicherweise die Abfolge von Psychotizitätszuständen bei manchen schizophrenen Menschen sein (s. Abschnitt 8.2.3).

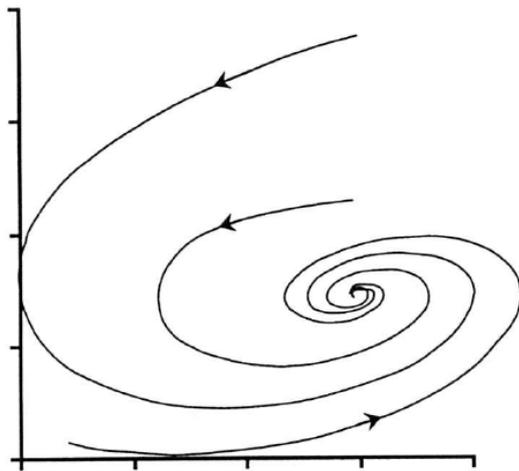


Abb. 1.2. Schematische Darstellung eines Punktattraktors. Dargestellt sind verschiedene Trajektorien, die von unterschiedlichen Anfangsbedingungen (d.h. Ausgangszuständen eines dynamischen Systems) ausgehen und in den asymptotisch stabilen Attraktor hineinführen

- Die dritte wissenschaftliche Wurzel der Prozessgestalten ist die Synergetik oder **Selbstorganisationstheorie**. Selbstorganisation bezeichnet eine Eigenschaft komplexer Systeme, sich unter bestimmten Umständen spontan zu ordnen. Diese "bestimmten Umstände" sind durch einen Systemzustand fern vom (thermodynamischen) Gleichgewicht charakterisiert. Das bedeutet, dass das System nicht als abge-

geschlossen gegenüber seiner Umwelt betrachtet werden kann (wie es der 2. Hauptsatz der Thermodynamik voraussetzt), sondern einem Durchfluss (Flux) von Energie, Materie oder Information ausgesetzt ist (Haken, 1988a). Mit einem anderen Begriff ausgedrückt: es geht um dissipative, statt um konservative Systeme (Prigogine, 1979, s. Kapitel 3). Aus der Vielfalt der beschriebenen Systeme, die in einem Zustand fern des Gleichgewichts niedrigdimensionale Attraktoren herausbilden, möchte ich kurz

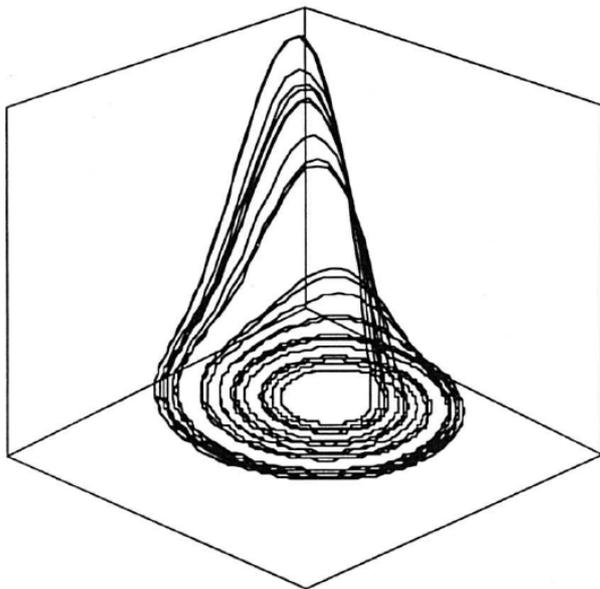


Abb. 1.3. Beispiel für einen seltsamen Attraktor: der einfachste bekannte chaotische Attraktor, der Rössler-Attraktor. Der Phasenraum ist dreidimensional; seine Richtungen sind $\{x, y, z\}$ nach Gleichung (I.2)

auf die Bénard-Instabilität hinweisen, die als ein paradigmatisches System in der Literatur oft angeführt wird (Bergé et al., 1984; Kratky, 1992). Physikalisch kann dieses System dadurch erzeugt werden, dass an eine Flüssigkeitsschicht eine Temperaturdifferenz angelegt wird, indem man die Flüssigkeit von unten erhitzt (s. Abb. 1.4). Dies führt dazu, dass ein Wärmetransport durch die Flüssigkeit hindurch erfolgt. Diese Temperaturdifferenz werde nun schrittweise erhöht, d.h. dem System wird zunehmend mehr Energie zugeführt. Ab einer bestimmten Temperaturdifferenz zeigt sich eine markante qualitative Änderung des Systemverhaltens, indem plötzlich regelmässige Konvektionsrollen in der Flüssigkeitsschicht auftreten. Dieses Verhalten ist in einem dynamischen Gleichgewicht, da die Rollenbewegung nach äusseren Störungen stets wieder restauriert wird.

Die Flüssigkeit wird durch diese kollektiven Bewegungen aller Flüssigkeitsmoleküle hochgradig geordnet. Die Anzahl der Freiheitsgrade des Systems reduziert sich enorm; der Phasenraum, der nötig ist, das System zu beschreiben, ist nun niedrigdimensional. Im nicht angetriebenen Zustand dagegen wäre ja zur vollständigen

Beschreibung des gesamten Systems eine Beschreibung aller Komponenten (der Flüssigkeitsmoleküle) nötig gewesen, da jedes sich weitgehend unkorreliert voneinander bewegen konnte.

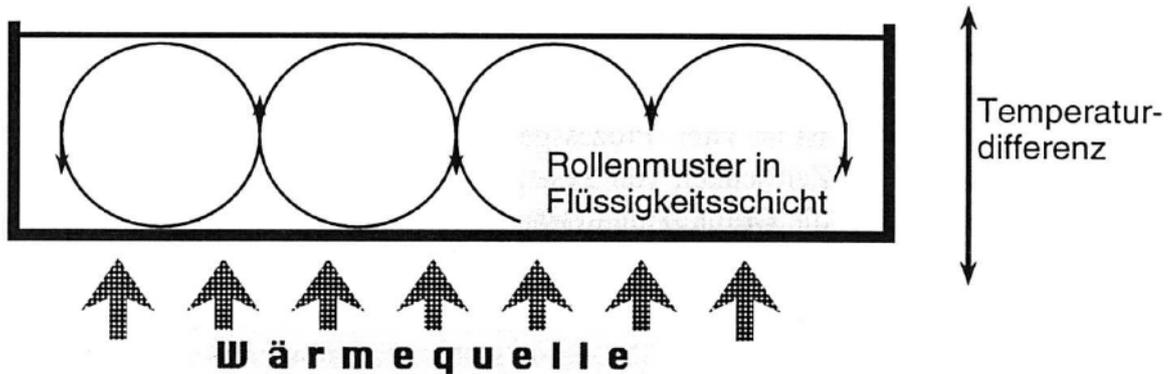


Abb. 1.4. Schematische Darstellung eines Bénard-Systems

Wird die Temperaturdifferenz noch höher, beginnen die Konvektionsrollen selbst zu oszillieren. Schliesslich zeigt sich turbulentes Verhalten der kollektiven Bewegung, indem die Konvektionsrollen ihre Drehrichtung in nicht vorhersagbarer Weise wechseln. Dieses Verhalten wird als Chaos bezeichnet; es ist nur kurzfristig prognostizierbar (erscheint also als nicht geordnet), aber ist zugleich ein niedrigdimensionales Phänomen, dem die Stabilitätseigenschaft eines "Attraktors" zukommt (das Verhalten ist also geordnet und selbstorganisiert).

Man findet in diesem komplexen (weil aus vielen Teilchen bestehenden) System gleich mehrere interessante Phänomene:

- eine Dynamik, die nicht direkt durch die Umwelt bestimmt ist. Die Flüssigkeitsrollen sind *spezifische* Verhaltensweisen, mit denen das System auf eine *unspezifische* Temperaturdifferenz autonom und eigenaktiv reagiert.

- Selbstordnungstendenz und Selbstorganisation; das Systems reduziert seine potentielle Komplexität in Antwort auf diesen Umweltparameter der Temperaturdifferenz.

- Gleichgewichtsverhalten: die selbstorganisierte Dynamik, die sich einmal eingestellt hat, ist stabil gegenüber Störungen. Diese Dynamik ist ein Attraktor im Phasenraum des Systems.

- Entwicklungsphasen und Phasensprünge: bei kontinuierlicher Variation des thermodynamischen Nichtgleichgewichtsparameters (Temperaturdifferenz bei der Bénard-Konvektion) ergeben sich oft über weite Bereiche des Parameters qualitativ gleiche Attraktoren, die an einem kritischen Punkt in ein neues Verhalten, also hin zu qualitativ anderen Attraktoren, umschlagen können. Die "Abstände" zwischen solchen Umschlagspunkten werden durch eine erst kürzlich entdeckte Naturkonstante, die Feigenbaumzahl, beschrieben.

- Optimierungstendenz: die selbstorganisierte Dynamik hat einen positiven Effekt auf die Fähigkeit der Flüssigkeitsschicht, Wärme zu transportieren. Dieser Punkt ist in der Anwendung auf psychologische Systeme von besonderer Bedeutung (Kapitel 7).

In den "Prozessgestalten" wird es darum gehen, die zuletzt beschriebenen drei Konzepte (Gestalt, Dynamik, Selbstorganisation) in ein Forschungsprogramm einzubinden und für die Psychologie theoretisch und praktisch gewinnbringend zu integrieren. Der Weg hierzu ist im Titel "Prozessgestalten" bereits vorgezeichnet: mittels einer Methodik, die die Zeitlichkeit von Systemen — also den "Prozess" — besonders berücksichtigt, soll die Ordnung und Ordnungsbildung — also die "Gestalt" — psychologischer Sachverhalte untersucht und begrifflich gefasst werden.

Kapitel 2

Selbststrukturierung in komplexen Systemen

2.1 Selbstorganisation in natürlichen Systemen

In Tschacher (1990) habe ich eine Liste derjenigen Sachverhalte aufgestellt, die in den Naturwissenschaften unter dem Aspekt der Selbstorganisation und Selbststrukturierung untersucht wurden. Die Liste umfasste eine Vielfalt von Feldern zwischen Astronomie und Biochemie, zwischen Meteorologie und Informatik. Ich verzichte hier darauf, diese Auflistung wieder aufzunehmen und — was mühelos wäre — zu verlängern. Wenn man, einem Zeigarnik-Effekt unterliegend, die Welt mit anderen Augen zu betrachten beginnt, und auf spontane Musterbildung aufmerksam wird, kann jede vorgegebene Liste mit eigenen Beispielen ergänzt werden: der Nebel über einem noch herbstwarmen Bergsee, darüber kalte Morgenluft: Benard-ähnliche Konvektionsrollen; die rhythmische Folge von Schaumbläschenfronten, die in frisch gezapftem Dunkelbier aufsteigen: ein bisher nicht beschriebenes Selbstorganisationsphänomen (über das ich mit dem zuständigen brewing director in Dublin fachlich korrespondieren konnte).

Viele selbstorganisierende Systeme sind in der einschlägigen populärwissenschaftlichen Literatur beschrieben (um eine subjektive Auswahl zu nennen: Jantsch (1979), Haken (1984), Gleick (1987), Briggs & Peat (1989), Çambel (1993); Waldrop (1993)). Auf einer anspruchsvolleren Ebene sind die Einführungs- und Übersichtsarbeiten der Begründer der beiden wichtigsten Selbstorganisationsansätze (Nicolis & Prigogine (1987) und Haken & Wunderlin (1991)) angesiedelt, sowie die Lehrbücher Haken (1990) und (1983). In der Synergetikreihe des Springer-Verlags sind bislang um 70 Monographien und Sammelbände zu unterschiedlichen wissenschaftlichen Anwendungsfeldern der Synergetik erschienen.

2.2 Gleichgewichte und Musterbildung in psychologischen Systemen

Im Bereich der Psychologie und verwandter Disziplinen gibt es eine Reihe von Bestrebungen, die Psychologie mit verschiedenen Ansätzen zum Verständnis nichtlinearer Systeme zu integrieren. Häufig wird dies von Seiten der (nichtpsychologischen) Autoren der oben genannten Publikationen bereits versucht, charakteristischer-

weise oft auf den einem Ausblick auf die "weicheren Wissenschaften" gewidmeten letzten Kapiteln. Arbeiten, die mehr als einen perspektivenhaften Ausblick auf nicht näher untersuchte psychologische Domänen intendieren, entstehen im deutschen Sprachraum in den späten 80er Jahren: Tschacher (1990), Kriz (1992), Schiepek & Strunk (1994). Die Idee, Selbstorganisationsansätze zur Klärung psychologischer Sachverhalte heranzuziehen, wurde schon zuvor an verschiedenen Stellen geäußert. Wie es häufig bei solchen neuen Bewegungen im Wissenschaftssystem zu beobachten ist, tauchen die initialen Schritte und Ideen an mehreren Stellen fast gleichzeitig auf, ohne dass sich die Anfänge chronologisch oder kausal eindeutig ordnen liessen. Beispielsweise beziehen sich Piaget (1976), Ciompi (1982), Brunner (1986), Grawe (1988) auf Arbeiten von Prigogine und Mitarbeitern (Glansdorf & Prigogine, 1971; Prigogine & Stengers, 1981).

Zumindest seit den 50er Jahren gibt es eine systemtheoretische Diskussion innerhalb der Psychologie, die sich v.a. an der Kybernetik orientierte (Ashby, 1952; 1956; Wiener, 1963; Maruyama, 1963; v. Bertalanffy, 1968; vgl. Paslack, 1991). Die Rezeption kybernetischer Begriffe beschränkte sich allerdings in der wissenschaftlichen Psychologie und Psychophysiologie zunächst fast ausschliesslich auf den Regelkreis (Miller et al., 1960). Bei der angewandten Psychologie war es speziell die klinische Psychologie (aber auch die ökologische Psychologie), die die Systemtheorie rezipierte. Systemorientierte Begriffe wurden besonders auf die Psychotherapie mit mehr als einem Klienten (Familientherapie, Paartherapie) angewandt. Als nun gerade diese systemischen Therapieschulen auf dem Markt sehr erfolgreich wurden, führte dies zu Versuchen, solche Interventionsformen und Wirkungsmechanismen auch wissenschaftlich zu begründen und a posteriori abzusichern. Hier trennten sich nun zwei Entwicklungslinien auf: zum einen gibt es eine starke konstruktivistisch-systemische Richtung, die die von Maruyama (1963) angekündigte und von Bateson (1972), v. Foerster (1985), v. Glasersfeld (1987), Maturana & Varela (1980), Schmidt (1987), Luhmann (1984) und anderen übernommene "second cybernetics" aufgreift (Ciompi, 1982; Schiepek, 1987, 1991; Reiter et al., 1988; Simon, 1988); zum anderen eine eher dem naturwissenschaftlichen Wissenschaftsverständnis nahestehende Richtung, die sich auf die Synergetik und Selbstorganisationstheorie beruft (Haken & Stadler, 1990; Roth, 1990; Kriz, 1992; Tschacher et al., 1992; Schiepek & Tschacher, in Vorb.) oder die Chaostheorie in das Zentrum stellt (Abraham & Gilgen, 1995; Robertson & Combs, 1995).

Welche Bereiche der Psychologie und welche psychologischen Phänomene sind innerhalb dieser naturwissenschaftlich orientierten Richtung vertreten? Eine Auszählung von 139 Referaten, die bei fünf bislang veranstalteten "Herbstakademien" gehalten wurden, ergibt folgendes Bild (s. Tab. 2.1; die Herbstakademien sind eine Symposienreihe, die sich der Selbstorganisationsforschung in der Psychologie widmet; Zusammenfassungen und Tagungsberichte sind über Tschacher (1995) abzurufen).

Insbesondere in der klinischen Psychologie und der Psychopathologie zeigt sich also eine Häufung von Studien und Projekten. Dies hat sicher verschiedene Gründe: wie bereits erwähnt, war die Arbeit im Kontext systemischer Therapie und Familien-

therapie für manche Wissenschaftler (etwa mich selbst) erster Anlass zur Suche nach einer kohärenten Theorie wie der Synergetik; weiterhin gibt es in der Psychotherapieforschung wie in wenigen anderen Forschungszusammenhängen innerhalb der Psychologie einen Trend hin zur Prozessforschung (Mahoney, 1991; Grawe, 1992; Orlinsky et al., 1994); schliesslich auch ist die klinische Psychologie in den letzten Jahrzehnten zur unangefochten publikationsstärksten Teildisziplin (Krampen & Wiesenhütter, 1993) geworden.

Ich werde mich im folgenden auf die genannten Gebiete beschränken, um einen ersten Überblick darüber zu geben, welche Phänomene es sind, die die Selbstorganisationstheorie in der Psychologie zu untersuchen beginnt.

	empirisch	theoretisch	methodologisch	Simulationsmethoden	Σ
Allgemeine Psychologie	1	8	13	1	23
Klinische Psychologie	4	20	11	1	36
Sozialpsychologie	3	10	3	3	19
Psychopathologie	7	8	4	4	23
Biologische Psychologie	4	7	0	0	11
Soziologie	2	3	1	3	9
Organisationspsychologie	2	4	1	0	7
interdisziplinäre Thematik	0	6	0	0	6
Philosophie	0	5	0	0	5
Σ	23	71	33	12	139

Tab. 2.1. Inhaltliche Zuordnung von Referaten, die bei Symposien "Selbstorganisation in der Psychologie" in den Jahren vor 1997 gehalten wurden

2.2.1 Klinische Psychologie

In den systemischen Therapieschulen gibt es inzwischen eine grosse Anzahl z.T. sehr divergenter Auffassungen über Ziele und Interventionsformen der Therapie; als eine verbindende Klammer kann gelten, dass der Interaktion, den interpersonalen Aspekten bei der Ätiologie und bei der Therapie von Problemen besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird. Es wird meist davon ausgegangen, dass der Patient und seine nächsten Bezugspersonen ein System bilden, in dessen Kontext das Problem auftaucht und in dessen Rahmen es deshalb auch verstanden werden muss. Das Problem (Symptom) ist nicht ein festes Attribut einer Person (des "identifizierten Patienten"), sondern ein Attribut des interpersonalen Zusammenhangs, des Problemsystems (Ludewig, 1992). Bei der Behandlung wird entsprechend betont, dass sich ein (neues) System bildet, das den oder die Therapeuten miteinbezieht. Der Ausgangspunkt der Familientherapie war naheliegenderweise, dass Veränderung am besten herbeigeführt werden könne, wenn das Problemsystem im therapeutischen Setting (im Hier-und-

Jetzt) möglichst vollständig vertreten ist.

Wenn man nun von "Phänomenen" in einem sehr stark ideologisch durchwirkten Feld wie der Psychotherapie sprechen kann, so ergeben sich folgende Phänomene in psychotherapeutischen Settings: der *Aspekt der Nichtlinearität* oder Übersummativität zeigt sich darin, dass die Erörterung des Problems mit nur dem Patienten ein ganz anderes Resultat ergeben kann als die Arbeit mit dem "vollständigen" System, in der Regel der Familie. Das Problem wie auch seine Lösung sind eher Emergenzen des Systems, in dem das Problem entstand, und nicht Sache des (daher auch nur "identifizierten") Patienten. In der Diskussion, die sich um den Begriff einer "Kybernetik zweiter Ordnung" herum ergab, wurde diese traditionell systemtherapeutische Auffassung nochmals stark verändert, besonders indem eine erkenntnisphilosophische Strömung an Einfluss gewann: als "System" kann ja auch das kognitive System des Individuums (des Patienten; des Therapeuten) angesehen werden. Selbstorganisation bedeutet hier, dass das System als autonom in dem Sinne angesehen wird, dass es als Erzeuger einer eigenen Wirklichkeit figuriert. Dadurch erklärt sich die epistemologische Ausrichtung dieser systemischen Therapieansätze, in denen die Beobachterabhängigkeit (Konstruktion) jeder Beobachtung betont wird, und es infolgedessen darum geht, eine veränderte Wirklichkeitskonstruktion beim Patienten zu bewirken. Zielgeleitete und kausale Einwirkung im Sinne einer Intervention wird aus prinzipiellen Gründen für untauglich angesehen. Stattdessen versuchen systemische Therapeuten eine eher indirekte kognitive Beeinflussung (Verstörung) durch "strukturelle Koppelung" (Maturana & Varela, 1987) an eine prinzipiell autonome, ihre eigene Wirklichkeit erzeugende andere Person zu erreichen. Veränderungsziel ist nicht die Veränderung der Wirklichkeit, sondern die Veränderung der Konstruktion von Wirklichkeit.

Epistemologie erzeugt nun ja unmittelbar keine Phänomene, und liegt somit nicht im Bereich empirischer Wissenschaft, um den es mir in den "Prozessgestalten" geht. Als kleinster gemeinsamer Nenner zwischen konstruktivistischer und sonst systemorientierter Psychotherapieauffassung kann deshalb wohl die Meinung gelten, dass das in der Therapiesituation vorfindliche System (das *Therapiesystem* TS) als eigentlicher Veränderungsagent anzusehen ist und daher die wesentliche Untersuchungseinheit für die Forschung darstellen sollte. Es muss dabei eingeräumt werden, dass diese Auffassung nicht auf viel Widerspruch im Spektrum der anderen Therapieformen stossen kann: auch in der Psychoanalyse ist die "Übertragungsneurose" das eigentlich zentrale therapeutische Geschehen; entsprechendes gilt für die kongruente Therapiebeziehung in der klientenzentrierten Therapie. Auch die Verhaltenstherapie hat seit einiger Zeit Aspekte der therapeutischen Beziehung als wichtige Variablen wahrgenommen. Dass sich also das TS während der Therapie bildet und formiert, gegebenenfalls auch wieder verändert, gehört sicher zu den zentralen Phänomenen in der Psychotherapie, auf die eine Systemsicht fokussieren muss.

Aus der Synergetik können allerdings noch spezifischere Aussagen getroffen werden, wenn die sich in Therapien bildenden Therapiesysteme empirisch untersucht werden: in einem komplexen System kann es ja zu Selbstorganisationsphänomenen

kommen, d.h. sehr global zu der Erscheinung einer mit der Zeit zunehmenden Ordnung im TS. Dieser Frage werde ich in Abschnitt 8.3.2 nachgehen.

Eine weitere generelle Beobachtung aus Psychotherapien ist, dass Therapieverläufe sich oft in Phasen segmentieren lassen: längere Strecken mit relativ grosser Stabilität des TS und der dort behandelten Inhalte werden plötzlich instabil und münden in neue, sich dann wieder stabilisierende Behandlungsphasen (Schiepek et al., 1992; Schiepek & Tschacher, 1992). Idealtypisch könnte man von einer sich im TS abbildenden Problemkonstellation sprechen, die durch eine erfolgreiche Intervention zu einer Lösungskonstellation umgeformt wird (für eine empirische Einzelfallanalyse s. Tschacher & Scheier, 1995; Abschnitt 8.3.1 in diesem Band).

Das Phänomen, das in diesem Zusammenhang zu beobachten ist, enthält also zwei Komponenten:

1) Es zeigt sich ein *Gleichgewichtscharakter* solcher Konstellationen (Reiter, 1992) des TS;

2) das rasche, krisen- bzw. "katastrophenhaft" (Zeeman, 1976) erfolgende *Umkippen* in ein neues Gleichgewicht wird beobachtet.

Eine Modellierung solcher Vorgänge als sich abwechselnde Ordnungsstrukturen in der Zeit, also Attraktoren oder Prozessgestalten des betreffenden Systems, liegt deshalb nahe. Die Konzeptualisierung als Prozessgestalt wird in Kapitel 7 vorgestellt, die Anwendung auf verschiedene Aspekte psychotherapeutischer Behandlung erfolgt in Abschnitt 8.3. In Abschnitt 8.1 findet sich eine Studie zu einem in gewisser Hinsicht zur Psychotherapie komplementären Phänomen, dem der psychosozialen Krisen: in Krisen und Kriseninterventionen ist oft der Phasenübergang bzw. die kritische Instabilität das Vorgegebene, die Wiedergewinnung von "Attraktoreigenschaften" das Therapieziel.

Neben der Stabilität von Systemen in Psychotherapie wird oft auch auf die Sensibilität gegenüber minimalen Einflüssen hingewiesen (Schiepek & Tschacher, 1992). Kleine oder unbedeutend erscheinende Kommunikationen erlangen in Therapien häufig eine gewichtige Rolle im Veränderungsprozess (Nichtvorhersagbarkeit, "Schmetterlingseffekt"). Es wird spekuliert, dass sich darin die Chaotizität psychotherapeutischer Verläufe zeigt (Lonie, 1991; Bütz, 1993; Burlingame et al., 1995).

Ein anderes Kennzeichen von therapeutischen Verlaufsmustern ist etwas, was man als "Selbstähnlichkeit" bezeichnen könnte. Die Analogie zur Selbstähnlichkeit von fraktalen Formen (Mandelbrot, 1987) wurde verschiedentlich hervorgehoben. Wiederholungen ähnlicher Verhaltensmuster auf unterschiedlichen Ebenen sind gerade in psychotherapeutischen Settings die Regel; deshalb wurde auch hier versucht, Perseveration und "Wiederholungszwang" allgemein als sichtbare Auswirkung einer zugrundeliegenden chaotisch-fraktalen Therapiedynamik zu verstehen (Tschacher, 1990; Marks-Tarlow, 1995). Diese Erklärungsansätze sind allerdings bislang weit davon entfernt, in einem empirischen Versuch oder einer Feldstudie untersuchbar zu sein; weder ist geklärt, welche Variablen hierfür zu erheben wären, noch wie diese Variablen in einer Weise gemessen werden könnten, dass die Chance bestünde, chaotische Indikatoren zu berechnen.

2.2.2 Psychopathologie

Im Gebiet der Psychopathologie gibt es eine Reihe von Hinweisen auf charakteristische Muster im Verlauf verschiedener Störungen. Dies hat zum Konzept der dynamischen Krankheit (dynamical disease) geführt, unter das diejenigen Störungen und Fehlregulationen im Bereich der Medizin gerechnet werden, die besonders durch ihre Verlaufseigenschaften hervorstechen (Mackey & Glass, 1977; an der Heiden, 1992; Bélair et al., 1995; s. Kapitel 8.2).

Ein offensichtliches Beispiel ist die *bipolare Depression*, die abwechselnde Manifestation depressiver und manischer Phasen bei einem Individuum. Es ist naheliegend, das auffallende zyklische Muster dynamisch als Grenzzyklus anzusehen, d.h. als einen eindimensionalen Attraktor. Da man nur in einer Subpopulation externe Rhythmusgeber wie den jahreszeitlichen Wechsel als Auslöser für Phasen affektiver Verstimmung finden kann, ist zu folgern, dass eine systeminterne Dynamik, vermutlich ein Selbstorganisationsprozess, den Krankheitsverlauf steuert. Dagegen finden Gottschalk et al. (1995) Belege für chaotische Dynamik, die bipolaren Prozessen unterliegt. Emrich & Hohenschütz (1992) verstehen die bipolare Störung als eine Störung des dynamischen Codes des ZNS, und damit als eine dynamische Krankheit. In Abschnitt 8.1 komme ich auf einige Prozessbesonderheiten depressiver Verstimmungen im Kontext von psychosozialen Krisen zu sprechen.

Ein qualitativ ähnliches Verhalten wie bei der (monopolaren und der neurotischen) Depression zeigt sich in der Paranoia (Hoffman & McGlashan, 1993): Wahnerkrankungen (zumindest bei Menschen mit einem kohärenten Wahn) sind dadurch gekennzeichnet, dass die Wahninhalte sich gegen die realistische Einschätzung durchsetzen, nach und nach auch ursprünglich noch wahnfreie kognitive und soziale Bereiche dem Wahn, der "fixen Idee" unterordnen. Man sieht also gewissermassen einen Ordner am Werk, der Gedanken, Affekte und Ziele eines Menschen zu dominieren beginnt. Diese Beschreibung steht in Analogie zur Reduktion von Freiheitsgraden (Versklavungsprinzip) der Synergetik, die in Kapitel 1 beschrieben wurde und in Abschnitt 3.2.2 formal eingeführt werden soll.

Wahnsymptome spielen bei psychotischen Depressionen und bei der *Schizophrenie* eine bedeutsame Rolle. Die Schizophrenie weist ebenso wie die bipolare Störung eine komplizierte Dynamik auf, ist aber meist nicht einem oszillativen Typus zuzuordnen (obwohl solche schizoaffektiven Formen auftreten). Die Hypothese, dass Schizophrenie eine dynamische Erkrankung mit chaotischer Prozessgestalt sei, stammt von Ciompi (Ciompi et al., 1992). Die Manifestation positiv-psychotischer Symptome trägt die Anzeichen eines qualitativen Phasenübergangs zwischen einem zunehmend labiler werdenden Normalzustand hin zum Ausbruch einer ersten psychotischen Episode (Conrad, 1958). Der Verlauf der schizophrenen Erkrankung ist dann nicht gut vorhersagbar, die psychotische Episode ist bei genauerer Betrachtung wieder aufgegliedert in ruhige, weitgehend symptomfreie Intervalle und Mini-Episoden auf einer feineren Zeitskala. Auch im Bereich des über Jahre und Jahrzehnte betrachteten Verlaufs wechseln sich Hospitalisierungsphasen und gute Intervalle in nicht

prognostizierbarer Weise ab. Ich versuche in Abschnitt 8.2.3, die Hypothese des schizophrenen Chaos zeitreihenanalytisch zu prüfen. Im darauf folgenden Abschnitt wird eine lineare multivariate Modellierung von Schizophrenieverläufen vorgenommen. Ein Einzelfallverlauf einer Schizophrenie mit intellektueller Behinderung wird in Abschnitt 8.2.2 modelliert.

Mir erscheint die Prozessgestalthypothese von grosser potentieller Bedeutung für die Erforschung vieler weiterer psychopathologischer Symptome zu sein: Zwänge und Zwangsrituale haben etwa ebenfalls diese Attraktorqualität, die immer weitere Bereiche des Verhaltens im Sinne einer Generalisierung in sich einbezieht. Die Manifestationen von Autoimmunerscheinungen beispielsweise sind vermutlich ebenfalls auf eine komplizierte autonome Dynamik aufgesetzt. Das zeitliche Auftretensmuster vieler weiterer psychischer und auch somatischer Störungen ist völlig ungenügend erforscht; es gibt hierzu in der Regel nur ungefähre epidemiologische und Querschnittsaussagen. Dabei wäre es ein gewichtiger Schritt hin zu einem theoriegeleiteten Interventionsansatz (sowohl für psycho- wie auch pharmakotherapeutische Eingriffe), die Dynamik des Einzelfalls modellieren zu können. Ich werde darauf in Kapitel 9 unter dem Aspekt der Chaoskontrolle und der dynamisch fundierten Intervention zu sprechen kommen.

2.2.3 Allgemeine Psychologie

Im Rahmen der Allgemeinen Psychologie waren es Phänomene der Wahrnehmung, besonders die Gestaltwahrnehmung, die die Selbstorganisationstendenz des kognitiven Apparates beleuchteten. Auch in der Handlungstheorie wurden vereinzelt Evolutionstheorien rezipiert (Volpert, 1985). Wie in Kapitel 4 und folgenden weiter auszuführen sein wird, können am Beispiel von wahrgenommenen Gestalten, an Kippfiguren und Täuschungen zentrale Eigenschaften komplexer dissipativer Systeme sehr anschaulich und nachvollziehbar demonstriert werden. Versuchspersonen zeigen etwa angesichts von Kippfiguren Hystereseeffekte, Instabilität-Phasenübergänge und Stabilitätsphasen (Kruse & Stadler, 1990). Gestalteffekte sind eindruckliche Beispiele von Nichtlinearität ("anders als die Summe der Teile") und Emergenz. Ähnliche Phänomene zeigen sich auch bei Erinnerungs- und Rekonstruktionsprozessen im sozialen Kontext (das Bartlett-Szenario bei Kriz et al., 1992).

Es gibt Stimmen, die die eingeführte psychologische Methodologie angesichts des "Systemcharakters" menschlichen Verhaltens in Frage stellen (Dörner, 1983). Dörner verweist auf die Nichtstationarität von Verhalten, die entsteht, weil Kausalbeziehungen in "wechselwirkungsbehafteten Systemen" variieren können. Auch wird auf den schon angesprochenen Begriff des starken Kausalitätsprinzips hingewiesen, dessen Anwendung im psychologischen Einzelverlauf fragwürdig ist: "kleine" Ursachen haben oft grosse Wirkungen.

Gehm (1991) nennt zwei Problembereiche bei der Konzeption handlungstheoretischer Ansätze. Der eine ist die Schwierigkeit der Segmentierung dessen, was am

besten als *Handlungsstrom* anzusehen ist. Der andere Problembereich ist das in der Handlungstheorie zentrale *Zielkonzept*. Individuen scheinen in der Regel verschiedene Ziele zugleich zu verfolgen; diese sind zudem oft diffus und nicht klar (als an eindeutigen Kriterien erkennbarer Sollzustand) formuliert (Lantermann, 1985). Wenn aber Handlung eher als Fluss denn als Abarbeiten von Schritten auf festgelegte Ziele hin verstanden werden kann, so scheint mir das mit der Sicht eines dynamischen und evolvierenden Systems eher vereinbar zu sein als mit der eines Wenn-Dann-Regeln abarbeitenden sequentiellen Informationsverarbeitungsmechanismus.

Ein notorisches Problem der Motivationspsychologie ist die Zirkularität der Argumentation, wenn auf Motive oder "Triebe" einerseits aus speziellen Formen des Verhaltens geschlossen wird, andererseits solches Verhalten aber auf das Wirken eben dieser Motive zurückgeführt wird. Solche verdeckten Scheinerklärungen in der allgemeinen Psychologie sind wie auch der Verweis auf "höherliegende" (kortikale oder bewusste) oder "tieferliegende" (unbewusste, primärprozesshafte) ordnende oder entscheidende Instanzen unzureichend für eine theoretische Fundierung, für eine Erklärung von Ordnung und Struktur. Aus der Selbstorganisationstheorie kann meiner Ansicht nach dagegen ein Motivationsbegriff hervorgehen (der Begriff der Valenz), der nicht mehr ein in sich selbst wieder erklärungsbedürftiger Homunkulus ist (s. Kapitel 7).

2.2.4 Sozialpsychologie

Die Untersuchung von sozialen Aggregaten (z.B. Gruppen oder Paaren) und von sozialer Interaktion weist ebenfalls viele Erscheinungen auf, für die sich eine dynamische Modellierung anbietet.

So scheint es bei der Gruppenbildung darauf anzukommen, dass aus einem linearen Bereich (die Gruppe ist die Summe der Mitglieder) heraus die Gruppe zu einem Wir-Gefühl findet (Brunner & Tschacher, 1991; Tschacher & Brunner, 1995; Gehm, 1996). Als ein Indiz und als Katalysator für solches Kohärenzerleben können besonders Rituale gelten. Der Übergang zum Wir-Zustand wird gerade von den Gruppenmitgliedern oft als sehr markant empfunden (Gehm, 1995). Dieser Vorgang und die daraus resultierenden Vorgänge im Netzwerk der Gruppe, die zumindest zeitweise das Individualverhalten bestimmen, sind kompatibel mit der oben als traditionell bezeichneten Auffassung der systemorientierten klinischen Psychologie (System ist die Gruppe von Individuen, die am Therapieprozess teilnehmen bzw. die bei der Entstehung des Problems beteiligt waren). Gruppen und andere soziale Aggregate werden in den "Prozessgestalten" als psychosoziale Systeme (PSS) bezeichnet und in Kapitel 6 konzeptualisiert. Die Entstehung und Entwicklung von Gruppen wird in der SYMLOG-Studie in Abschnitt 8.4 behandelt. Weiterhin werden dort Wechselwirkungsmodelle von weiteren PSS (Zeitreihen zweier Paarsysteme und einer Triade) aufgestellt.

Die in Abschnitt 8.3.2 behandelte Hypothese einer Musterbildung in Therapiesy-

stemem (TS) betrifft im Grunde ein der Gruppenbildung analoges Phänomen: die Kohärenz und Synchronisation im Verhalten und Erleben von Patient und Therapeut führt schliesslich zur Bildung eines TS, d.h. sie ist ebenfalls ein Beispiel für die Entstehung einer (hier dyadischen) "Gruppe".

2.2.5 Psychophysiologie

Die Untersuchung physiologischer und biologischer Zeitreihen hat gezeigt, dass durch den Einsatz nichtlinear-dynamischer Methoden die Standardableitungen des EKG und EEG besser als bisher modelliert werden können. So entwickelte sich eine Diskussion um die Chaotizität von Herzraten (gemessen durch R-R-Zackenabstände (interbeat intervals)). Es entstand die Hypothese, dass die Herzaktivität besser durch eine fraktale niedrigdimensionale Dynamik modelliert werden kann als durch einen Grenzyklus mit gewissen Zufallsschwankungen (Goldberger et al., 1990). Hohe Regelmässigkeit des Herzschlags ist im Gegenteil eher charakteristisch bei nach Infarkt geschädigtem Myokard. Die Adaptabilität der Herzaktivität ist durch chaotische Orbits anscheinend besser gewährleistet. Wir untersuchten deshalb Zeitreihen von interbeat intervals mit neueren Methoden nach Nichtlinearitäten (Abschnitt 8.5).

Weitgehend noch ungeklärt ist indessen, ob und wie die Parameter dieses chaotischen Prozesses mit psychischen Variablen korrespondieren. Solche Fragestellungen sind Gegenstand eines begonnenen Projekts zur Soziophysiologie, in welchem physiologische Parameter von Therapeut und Klient während Therapiesitzungen erhoben werden (s. Abschnitt 8.3.4).

Ein klassisches Gebiet der Chronobiologie (Winfree 1980; 1988; Meier-Koll, 1995) ist die Untersuchung von Schlaf-Wach-Rhythmen. In diesem Zusammenhang ist es von dynamischer Seite her von Bedeutung, wie der regelmässige Schlaf-Wach-Rhythmus des erwachsenen Individuums zustandekommt. An Datensätzen mit Schlaf- und Wachintervallen von Säuglingen soll in Abschnitt 8.5 der Frage nachgegangen werden, wie sich diese Evolution und Reifung des Schlaf-Wach-Rhythmus darstellt.

2.2.6 Kognitionswissenschaft

In der Künstlichen-Intelligenz-Forschung (artificial intelligence, AI) spielt das Konzept der Selbstorganisation seit dem weitgehenden Scheitern der "klassischen AI" eine bedeutende Rolle. Die in den letzten Jahren mit dem neueren Konnektionismus in den Mittelpunkt gerückten neuronalen Netze etwa zeigen selbstorganisatorisches Verhalten bei der Mustererkennung, was als simple Umkehrung der Musterbildung angesehen werden kann; solche Computerarchitekturen werden daher auch als synergetische Computer bezeichnet (Haken, 1987; 1988b, 1996). Auch andere Entwicklungen in der "new AI" (Autonome Agenten, genetische Algorithmen) und

der Forschung zu "artificial life" gründen auf Bemühungen, ein darwinistisches Prinzip zur Entwicklung der Programme zu nutzen, das auch der Selbstorganisationstheorie zugrundeliegt (s. Abschnitt 3.2). Speziell diese Ansätze versuchen, Theorien ohne Pseudoerklärungen, also ohne "Homunkuli" zu formulieren; diese Motivation verfolgen auch die "Prozessgestalten" (Kapitel 7).

Besonders in der Hirnforschung werden rekursive Zusammenhänge zwischen Einzelneuronen im Rahmen von Erregungskreisen und zwischen solchen Neuronengruppen im Rahmen übergeordneter Strukturen als Basis der neueren Theorieentwicklung angesehen. Die grundlegende Modellvorstellung stammt von dem Psychologen Hebb (1949), dessen Konzept der "cell assembly" sowohl im computerbezogenen Konnektionismus wie auch der Hirnforschung (Edelman, 1989; Singer, 1990) weiterentwickelt wurde. Im Rahmen der biologischen Psychologie können dynamische Verfahren wie die Dimensionalitätsanalyse von EEG-Verläufen auf diesem Hintergrund interpretiert werden (Lutzenberger et al., 1992). Diese Versuchsdesigns werden auch in der Schizophrenieforschung eingesetzt (Schmid & Koukkou, 1997).

Zusammenfassend ist folgendes zu sagen: es gibt in der Psychologie und benachbarten Disziplinen einen grossen Fundus an Phänomenen und Problemen, die analog zu oder konsistent mit den von der Selbstorganisationstheorie und der nichtlinearen Dynamik beschriebenen Phänomenen sind. Hier sind die Musterbildungsvorgänge zwar oft seit langem beschrieben, aber es existiert kein übergreifender theoretisch-psychologischer Rahmen zu ihrer Erklärung. Seit der Marginalisierung der Gestaltpsychologie gibt es zu vielen Phänomenen in Subdisziplinen der Psychologie jeweils eigene Theorien, häufiger noch mehrere in Konkurrenz stehende Theorien (Vallacher & Nowak, 1994). Hier verspricht ein psychologischer Ansatz, der Selbstorganisationsvorgänge allgemein und zugleich auch methodisch-empirisch angeht, in Zukunft eine wichtige integrative Funktion zu erhalten. Auf dem Weg zu diesem Ziel möchte ich die "Prozessgestalten" ansiedeln.

Andere weite Bereiche der Psychologie sind weiterhin terra incognita, was longitudinale Aspekte angeht; hier liegen noch nicht einmal Erkenntnisse über Verlaufseigenschaften vor — man kann nur spekulieren. Für diese Bereiche der Psychologie kann das von mir vertretene Programm immerhin Methoden anbieten. Mit ihnen sollte es möglich sein, das gewohnte, am Querschnitt ausgerichtete Denk- und Forschungsmuster auch einmal gegen den Strich zu bürsten.

Kapitel 3

Die Modellierung dynamischer Systeme

In diesem Kapitel werde ich zunächst einige Grundbegriffe der Theorie dynamischer Systeme (TDS) in historischer Herleitung einführen, um dann einen methodologisch orientierten, anschaulichen wie auch mathematischen Abriss von Möglichkeiten der Modellierung dynamischer Systeme zu geben.

Was ist ein System? Wir würden heute in der Psychologie ein System etwa folgendermassen einführen (vgl. Brunner, 1986; Bunge, 1979; Hall & Fagen, 1968; s. Kap. 6.1): Ein System ist ein Sachverhalt, der aus Komponenten besteht, welche zueinander in Wechselwirkung stehen; ein System hat eine Grenze und eine Umwelt; die Grenze kann aus Komponenten bestehen; ein System wird durch einen Beobachter aufgrund von Kriterien festgelegt (aufgrund der Art der Wechselwirkungen, durch die Grenze, durch die Art oder durch Benennung seiner Komponenten); die Stellung des Beobachters zum System muss problematisiert werden (Exo- und Endo-Perspektive; Rössler, 1992a; Atmanspacher & Dalenoort, 1994).

In der Physik und in der TDS (Rosen, 1970; Hirsch & Smale, 1974; Guckenheimer & Holmes, 1983; Thompson & Stewart, 1986, 1993; Kaplan & Glass, 1995) ist der Begriffsgebrauch noch allgemeiner. "System" ist in der Regel schlicht das Objekt, der Gegenstand der Untersuchung ("system-under-study"). Dieses Objekt muss nicht intern differenziert sein: auch ein als Massepunkt gedachter Körper ist ein "System" in diesem Sinne. Der Beobachter wird in der Regel systemextern angenommen.

Der Zusatz "dynamisch" im Begriff "dynamische Systeme" geht auf das griechische Wort für "Kraft, Vermögen" zurück. Dies rührt von der *klassischen Dynamik* Newtons her: die (Orts-)Veränderung des Systems wird zurückgeführt auf das Wirken einer (äusseren) Kraft. Für die Wirkung der Kraft \vec{F} gilt die grundlegende Gleichung

$$\vec{F} = \vec{a}m \tag{III.1}$$

wobei \vec{a} die Beschleunigung (die zweite Ableitung des Ortsvektors) eines Körpers der Masse m bedeutet. Die Kraft kann etwa durch die elastische Kollision mit einem anderen Körper einwirken. Diese Dynamik gilt in einer idealisierten Welt, in der

keine Reibung den Energiegehalt des Systems dissipiert und in der Körper als immaterielle Massepunkte gedacht werden. Wegen der Annahme, dass die sich bewegenden und elastisch kollidierenden Massen keine Energie verlieren, spricht man hier von *konservativen* Prozessen bzw. Systemen. In der Erweiterung durch Hamilton wird zur kinetischen Energie noch die potentielle Energie (etwa die in einer gespannten Feder oder einem einwirkenden Gravitationsfeld gespeicherte Energie) hinzugenommen. Die Hamiltonfunktion ist die Summe aus kinetischer und potentieller Energie eines Systems. In einem konservativen System können zwar diese Energieformen fortwährend ineinander übergeführt werden (z.B. beim reibungsfreien Pendel), bleiben in ihrer Summe jedoch konstant. Charakteristisch für Hamiltonische Systeme ist weiterhin, dass sie invariant gegenüber Zeitumkehr sind: in den Gleichungen taucht die Zeit in quadrierter Form auf, so dass sich für t und $-t$ dieselben Lösungen ergeben. Die Hamiltonische Welt ist damit *reversibel*; einem Hamiltonischen Film sieht man sozusagen nicht an, ob er vorwärts oder rückwärts läuft. Es ist "das gute alte mechanische Billard-Universum aus dem letzten Jahrhundert" (Rössler, 1992a, S. 55).

Die entsprechende Weltsicht ist anschaulich in der *reduktionistischen* Vorstellung eines "Laplaceschen Dämons" enthalten: Würde dieser Dämon Ort und Impuls jedes Teilchens im Universum bestimmen, könnte er jedes beliebige Ereignis in der Zukunft vorhersagen (sowie hätte genaue Kenntnis über jedes vergangene Ereignis). Zu den Eigenschaften der Konservativität und Reversibilität kommt also noch die strikte *Determinierung* jeder Dynamik, sowie die Reduzierbarkeit der Wirklichkeit, die man sich als Summe der vielen mikroskopischen Wirklichkeiten vorzustellen können glaubte.

Das auf diesen Grundannahmen basierende Wissenschaftsprogramm war und ist sehr erfolgreich; es wurde im Laufe der Entwicklung der Physik neben der Mechanik sukzessive auf weitere Problemfelder angewandt, z.B. die Optik und die Elektrizitätslehre. Die klassische "Newtonsche" Dynamik steht somit am Beginn der Naturwissenschaft der Moderne (Prigogine, 1979).

Die weitere Entwicklung der klassischen Dynamik erbrachte weitgehende Erneuerungen und zugleich einen Rückzug in verschiedener Hinsicht. Es kamen gewissermaßen die Antithesen (im Sinne Hegels) zur rationalen und überschaubaren Ordnung der klassischen Dynamik zum Tragen. Die Kritik betraf nach und nach alle oben genannten Attribute der "klassischen" Auffassung der Dynamik.

1) Die *Thermodynamik* vertrat eine makroskopische und statistische Herangehensweise, mit der sie die fundamentale Irreversibilität der Entwicklung von Ensembles (Populationen) von Teilchen postulierte. Pioniere dieses Ansatzes waren Ludwig Boltzmann und Willard Gibbs (Ruelle, 1991). Der bekannte zweite Hauptsatz der Thermodynamik betrifft die irreversible Zunahme an Entropie (Unordnung) in abgeschlossenen Viel-Teilchen-Systemen.

Mit diesem makroskopischen Ergebnis sind zugleich auch die Möglichkeiten des Reduktionismus begrenzt worden: die Eigenschaften makroskopischer Systeme sind nicht länger direkt aus den (noch klassisch gedachten) Eigenschaften der atomaren

Teilchen ableitbar. Makroskopische Variablen wie Volumen, Temperatur oder Druck spielen eine Rolle; sie stehen nur statistisch in Beziehung zu den Newtonschen Grössen \bar{F} , \bar{a} und m .

2) Henri Poincaré (1899) zeigte anhand des "Drei-Körper-Problems", dass auch eine beliebig genaue Messung der Anfangsbedingungen nicht genügt, um die zukünftige Entwicklung eines aus drei Körpern bestehenden Systems vorherzusagen. Das System ist nicht integrierbar. Es ist dieses selbe Prinzip, das auch der viel jüngeren Chaostheorie zugrundeliegt: die sensible Abhängigkeit von den Anfangsbedingungen führt zu einem endlichen Vorhersagehorizont. Die "starke" Version des Determinismus (Schiepek & Tschacher, 1992) wird damit selbst in der Mechanik fragwürdig.

3) Mit der Selbstorganisationstheorie und der nichtlinearen Theorie beginnt sich allmählich ein integratives und umfassendes Bild der dynamischen Wissenschaft herauszuformen. Die produktiven Folgen der gegenüber der Newtonschen Dynamik ins Feld geführten Vorbehalte werden nun als "Synthese" sichtbar:

- Die Irreversibilität zieht ein Verständnis von dynamischen Gleichgewichten ("Attraktoren") nach sich — das Studium von Gleichgewichten wird schliesslich zu einem Hauptthema der Kybernetik und der Systemtheorie allgemein.
- Die Erweiterung auf nicht-konservative Systeme ermöglicht Ordnungszunahme trotz des global gültigen Entropiesatzes der Thermodynamik — die Untersuchung spontaner Ordnungsbildung bleibt nicht länger der Metaphysik vorbehalten (Landsberg, 1984; Brooks & Wiley, 1988).
- Der Verzicht auf die starke Formulierung des Kausalitätsprinzips eröffnet schliesslich die Welt des deterministischen Chaos und der Fraktale (Peitgen & Richter, 1986).

In einem methodologischen Überblick werde ich in diesem Kapitel eine anschauliche Einführung in die TDS geben. Ich werde soweit möglich mit Beispielen darstellen, wie Konzepte zustandekommen und was sie im jeweiligen empirischen Beispiel "bedeuten".

Zwei Zugangsweisen sind generell denkbar: die *induktive* dynamische Modellierung geht von Beobachtungen eines Sachverhalts in der Zeit aus (also von einer oder von mehreren synchron erhobenen Zeitreihen). Ziel ist es dabei, die Eigenschaften des Verlaufs darzustellen und zu charakterisieren und/oder Eigenschaften des generierenden Systems zu induzieren. Modellierung heisst, sich ein Bild von der Gestalt eines Prozesses und des zugrundeliegenden Systems aufgrund empirischer Daten zu machen.

Die *deduktive* Modellierung beschreitet den umgekehrten Weg. Aus "first principles", theoretischen Grundannahmen und — in der Psychologie in der Regel — Plausibilitätsgründen kann man zu Evolutionsgleichungen gelangen, die ein dynamisches System definieren. In manchen Fällen lassen sich Eigenschaften dieses Systems mathematisch-analytisch aus den konstituierenden Gleichungen herleiten (meistens wird man aber bei etwas komplizierteren Systemen auch hier numerische Lösungen suchen müssen, d.h. innerhalb einer geeigneten Computerumgebung wiederum in-

duktiv vorgehen). Die solcherart theoriegeleitet gefundenen Eigenschaften (bzw. untersuchbare Folgerungen aus ihnen) müssen schliesslich im Experiment überprüft werden. Deduktive Modellierung heisst also, sich ein Bild von Prozessen aufgrund theoretischer Überlegungen zu machen.

3.1 Induktive Modellierung

3.1.1 Lineare induktive Modellierung

Induktive Modellierung beginnt mit einer Messung oder Datenerhebung. Da wir uns für die Modellierung von Prozessgestalten interessieren, werden wir versuchen, ein und dieselbe(n) Variable(n) in der Zeit wiederholt zu erheben. Das Resultat einer solchen Erhebung ist eine (multiple) Zeitreihe, die die Dynamik eines bestimmten Systems in einem bestimmten Kontext abbildet. Durch Theorien vorbereitetes Erkenntnisinteresse, Sachzwänge und Evaluationsfragestellungen werden in der Regel eingrenzen, welche Variable gemessen wird.

Wovon — neben der Dynamik des Systems — hängt das Ergebnis einer solchen Messung ab? Bedeutsam ist zunächst selbstverständlich die Zugänglichkeit interessierender Variablen. Messungen können durch Fremd- und Selbstbeobachtung zustandekommen. Eine Quantifizierung entsteht durch Einschätzung auf Ratingskalen, durch Auszählung von Ereignissen oder durch Messung etwa von physiologischen Signalen. Die Sampling frequency (Messrate) spielt eine wichtige Rolle bei der Erhebung von Zeitreihen. Der Zufall ist gleichfalls von grosser Bedeutung bei jeder empirisch geleiteten Modellierung. Es ist wichtig, an welchem "Ort" zufällige Einflüsse einwirken, ob sie als Beobachtungsfehler Messergebnisse additiv beeinflussen, oder als dynamical noise qualitative Effekte haben können. In den empirischen Studien (Kapitel 8) kann man sehen, wie Anteil und Art des Messfehlers abhängig sind

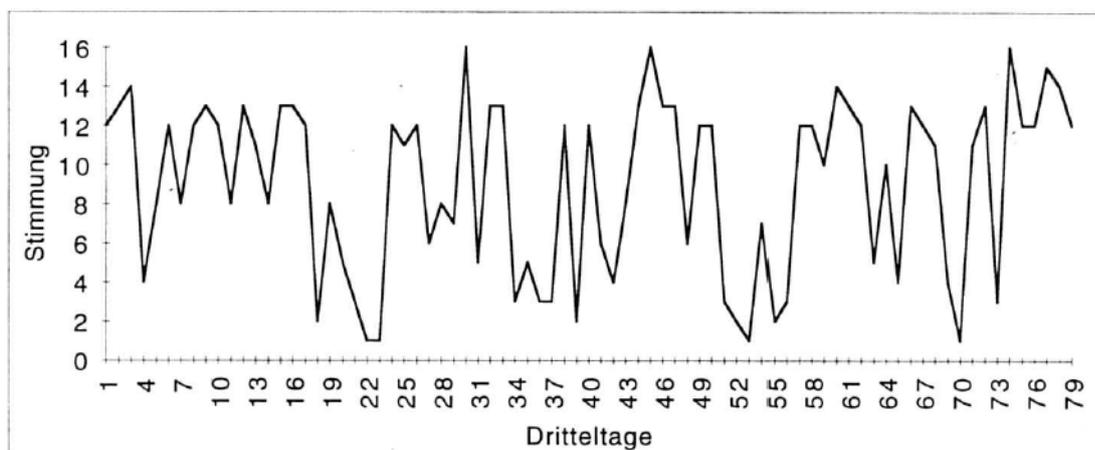


Abb. 3.1. Stimmung einer Patientin (Nr. 36) während eines krisenhaften Lebensabschnitts

von der Erhebungsmethode.

In meinem ersten **Beispiel** steht die Befindlichkeit einer Patientin im Zentrum, die sich nach einer Krise im Rahmen einer psychotherapeutischen Krisenintervention in stationärer Behandlung befand (s. Abschnitt 8.1). Das Messinstrument ist eine Schätzsкала mit 16 Abstufungen zur Selbsteinschätzung der "Stimmung", mit den Extrema "äusserst stark gut" bzw. "äusserst stark schlecht". Diese Bewertung sollte dreimal am Tag (zu festen Zeitpunkten morgens, mittags und abends) durchgeführt werden. Die Zeitreihendarstellung in Abb. 3.1 umfasst 79 Messpunkte.

3.1.1.1 Autokorrelation

Welche "dynamische Information" ist in dieser Zeitreihe enthalten? Man kann diese Frage so auffassen, dass man untersucht, wie die Zeitreihe mit sich selbst korreliert ist. Die herkömmliche, lineare Herangehensweise untersucht denn auch zunächst die korrelativen Zusammenhänge der Zeitreihe mit der um τ Schritte ("lags")

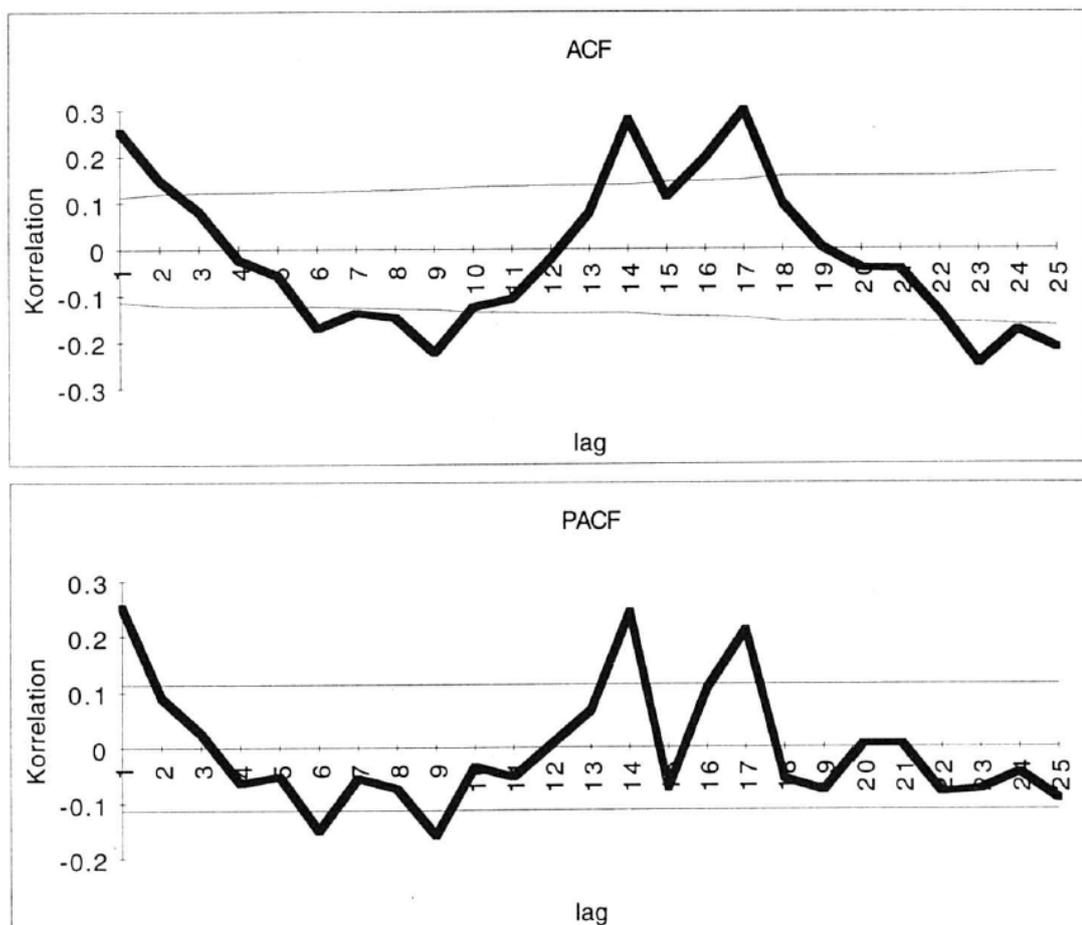


Abb. 3.2a, b. ACF und PACF der Stimmungszeitreihe in Abb. 3.1 für die ersten 25 lags (fette Linie: Korrelationswerte; dünn: Bereich des Standardfehlers)

verschobenen identischen Zeitreihe. Man erhält dadurch die Autokorrelationsfunktion (ACF) und die partielle Autokorrelationsfunktion (PACF); in der PACF sind die Einflüsse der zwischenliegenden lags herauspartialisiert (Abb. 3.2a, b).

Es zeigt sich eine signifikante Autokorrelation der Zeitreihendaten für lag 1 und 2 sowie 14 und 17. Die Werte der ACF schwanken innerhalb eines Bereichs mit der Amplitude des Standardfehlers in der Art einer Oszillation. Die PACF bricht nach lag 1 zunächst ab; sie zeigt ebenfalls eine weitere deutliche Signifikanz im Bereich von lag 14 und 17, die eine Periodik nahelegen.

3.1.1.2 ARIMA-Modellierung

Innerhalb der linearen Zeitreihenanalyse werden die Informationen über die serielle Abhängigkeit, die in der ACF und PACF repräsentiert sind, in ein Modell umgesetzt (Box & Jenkins, 1976; Schmitz, 1989). Zwei Möglichkeiten der Modellierung bestehen prinzipiell: die serielle Abhängigkeit wird entweder als *Autoregression* dargestellt, d.h. ein Wert ist ein mit einem Regressionsfaktor ϕ gewichteter vergangener Wert plus eine aktuelle Zufallsgrösse; oder es wird der aktuelle Wert der Zeitreihe verstanden als Resultat der mit einem Faktor θ multiplizierten vergangenen Zufallseinwirkungen (*moving average-Prozess*). In jeder Zeitreihenanalyse ist gesondert zu entscheiden, wieviele Zeitschritte zurückgegangen werden muss, um ein hinreichend gutes, aber auch möglichst sparsames Modell anzupassen. Ein allgemeines ARMA(p,q)-Modell (*autoregressive moving average*) ist zusammengesetzt aus einem AR-Modell p -ter Ordnung und einem MA-Modell q -ter Ordnung:

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (\text{III.2})$$

Diese Form der Modellierung stellt den seit einigen Jahrzehnten eingeführten Kern der (linearen) Zeitreihenanalyse dar. Die ARMA-Methodik und verwandte Methoden (z.B. Markov-Modelle) fanden zunächst vor allem in der Ökonomie und in naturwissenschaftlichen Anwendungen Verwendung, seit einiger Zeit auch in der (v.a. klinischen) Psychologie (Gottman et al., 1969; Gregson, 1983; Petermann, 1989; Schmitz, 1989).

Auf die verschiedenen Tests und Kriterien, die die Güte einer ARMA-Modellierung evaluieren und eine sukzessive Modellschätzung ermöglichen, soll hier nicht eingegangen werden. Im oben genannten empirischen Beispiel ergibt ein solches Verfahren, dass ein AR(1)-Modell den besten Kompromiss zwischen Erklärungsstärke und Sparsamkeit darstellt. Das Modell für die Patientin lautet:

$$z_t = 6.729 + 0.253z_{t-1} + a_t \quad (\text{III.3})$$

Nimmt man die PACF-Signifikanz bei lag 14 in das Modell auf (wofür Kriterien

wie das AIC-Informationskriterium und der white-noise-Test der Residuen sprechen), erweitert sich das Modell um die gelagerte Variable:

$$z_t = 4.061 + 0.233z_{t-1} + 0.339z_{t-14} + a_t \quad (\text{III.4a})$$

3.1.1.3 Fourieranalyse

Eine weitere "traditionelle" Möglichkeit der Modellierung von Zeitreihen ist die Spektralanalyse, die in der Psychologie ausserhalb psychophysiologischer Anwendungen bisher selten verwendet wurde. Die Fourier-Transformation zerlegt die Zeitreihe in zyklische Muster, d.h. sie wird aufgefasst als Summe von Sinus- und Cosinuswellen verschiedener Frequenz und Amplitude. Die Fourier-Transformation ist insofern ebenso wie die ARMA-Modellierung eine lineare Abbildung: sie geht von der Summativität der (zyklischen) Komponenten aus. Analog dazu sind die ARMA-Modelle als Summen von AR- und MA-Prozessen verschiedener lags zu verstehen. Die Modellierung einer Zeitreihe mittels der Fouriertransformation und die Modellierung mittels der oben beschriebenen ARMA-Methode, welche die ACF der Zeitreihe ausschöpft, sind ineinander überführbar. Prozesse mit identischem Powerspektrum besitzen auch dieselbe Autokorrelationsfunktion: sie sind bezüglich ihrer linear-stochastischen Serialität gleichwertige Prozesse. Dies wird bei der Methode der sog. phasenrandomisierten Surrogate (Kennel & Isabelle, 1992) ausgenutzt (s.u., Surrogatdatenmethoden).

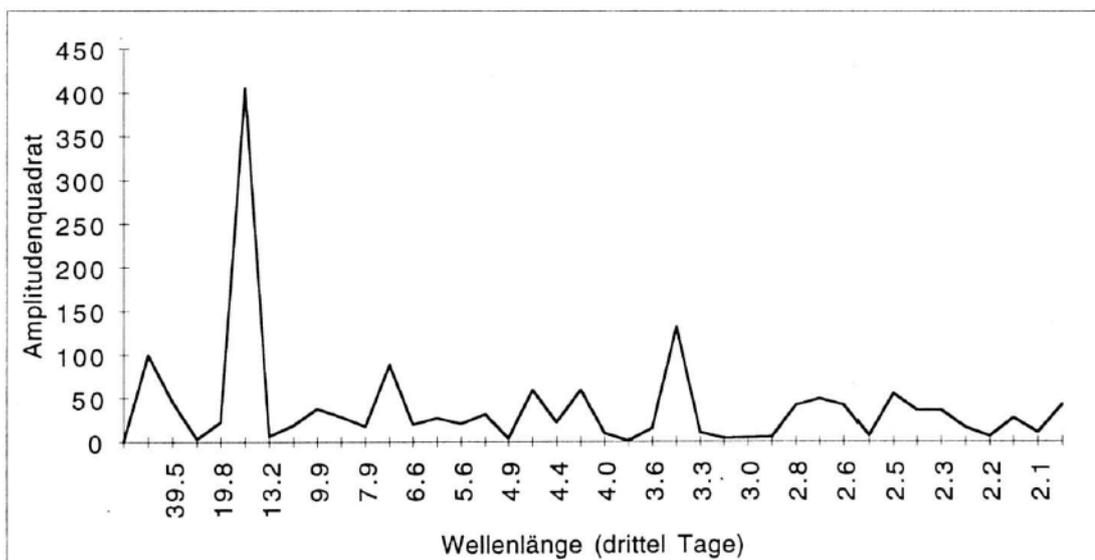


Abb. 3.3. Periodogramm der Stimmungszeitreihe in Abb. 3.1 (s. Text)

Das Ergebnis einer Fourier-Transformation ist ein allgemeines Modell aus i Spektralkomponenten einer Zeitreihe der Länge n :

$$z_t = \sum_{k=1}^i (A_k \cos(\omega_k t) + B_k \sin(\omega_k t)) + a_t \quad (\text{III.4b})$$

mit $i = n / 2$.

Eine anschauliche Darstellung der Spektralanalyse bietet das Periodogramm, in dem die Quadratsumme der Amplituden A_k und B_k gegen die Frequenzen oder die Wellenlänge abgetragen wird. Die Ordinaten bieten damit ein Mass für den Beitrag jeder Frequenz zur gesamten Variation in der Zeitreihe. Das Periodogramm der obigen Stimmungszeitreihe ist in Abb. 3.3 dargestellt.

Die Spitze ("Peak") im ansonsten "flachen" Spektrum hebt eine einzelne Frequenz hervor, die einer Periode von ca. 5 Tagen im Stimmungsverlauf der Patientin entspricht. Die partielle Autokorrelation (Abb. 3.2) beim dieser Periode entsprechenden lag 14 und lag 16 deutete bereits auf diese Auffälligkeit hin. Man kann nun auf der Basis der Spektralzerlegung ebenfalls ein Modell der Zeitreihe aufschreiben. Dieses lautet im Beispiel der Stimmungsdynamik bei Berücksichtigung nur der 5-Tages-Periodik:

$$z_t = 0.93 \cos(0.4t) - 3.06 \sin(0.4t) + a_t \quad (\text{III.5})$$

3.1.1.4 Multivariate lineare Modellierung

Wenn mehrere Observablen eines Systems beobachtet werden können, ist neben der Information aus den Autokorrelationen der Einzelzeitreihen natürlich zusätzlich die der Crosskorrelationen vorhanden. Es kann daher nicht nur modelliert werden, wie ein Zustand der Variable mit einem Zustand dieser selben Variable zu einem vorausgegangenen Zeitpunkt zusammenhängt, sondern zusätzlich eine Aussage über die wechselseitigen zeitverschobenen Wirkungen zwischen verschiedenen Variablen gemacht werden. Solche zeitverschobenen Einflüsse können kausal interpretiert werden.

In den empirischen Studien in Kapitel 8 wende ich als Methode die sog. Zustandsraummodellierung an, die im SAS-Statistikpaket als Prozedur "Statespace" vorliegt; enge Beziehungen bestehen zu Kalmanfiltern, multivariater ARIMA und Markovmodellen (Chatfield, 1989). "Statespace" führt eine kanonische Korrelationsanalyse durch, um das Zustandsraummodell einer multiplen Zeitreihe zu bestimmen; dabei werden die zeitverschobenen Crosskorrelationen zwischen Variablen bestimmt, wobei der Beitrag der jeweiligen Autokorrelationen herauspartialisiert wird. Die Anzahl lags, die in das Modell aufgenommen werden müssen, können durch das Informationskriterium nach Akaike (1976) bestimmt werden. Wie bei den univariaten

ARMA-Modellen können Signifikanzen für die einzelnen Koeffizienten angegeben werden. Der Modellierungsansatz für ein System mit Mittelwert=0 lautet $z_t = Fz_{t-1} + Ga_t$, wobei F und G die Übergangsmatrix (deren Komponenten den Zustandsvektor z_t gewichten) und die Inputmatrix (die die Gewichte der Zufallsvektoren a_t enthält) genannt werden. z_t bezeichnet einen Vektor, der mehrere Zeitreihenvariablen umfasst.

Für den bereits modellierten Stimmungsverlauf der Patientin 36 liegen nun insgesamt Erhebungen von drei Observablen vor: neben der Stimmung wurden nämlich zusätzlich noch die Spannung und die Aktivität geratet. Die Reihenfolge der Variablen in der unten dargestellten F -Matrix lautet Spannung-Aktivität-Stimmung.

$$z_{t+1} = \begin{bmatrix} .29 & .18 & -.26 \\ .25 & .01 & .17 \\ .09 & .12 & .16 \end{bmatrix} z_t + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} a_t$$

Das hier gezeigte Modell ist das einfachste Zustandsraummodell, das mit einem multivariaten autoregressiven Modell erster Ordnung identisch ist. Die Zellen $F(1,1)$, $F(2,1)$ und $F(1,3)$ sind signifikant. Sie können folgendermassen interpretiert werden: die Stimmung erniedrigt die Spannung (-.26), nicht aber umgekehrt (.09). Spannung erhöht die Aktivität (.25). Die Spannung ist autoregressiv stabil (.29).

3.1.2 Nichtlineare induktive Modellierung

3.1.2.1 Einbettung einer Zeitreihe

Ich habe bislang in diesem Kapitel einfache Möglichkeiten einer stochastischen linearen Modellierung von Zeitreihen besprochen, die in der Psychologie und den Sozialwissenschaften z.T. seit Jahrzehnten eingeführt sind. Die Querschnittsorientierung in der psychologischen Methodenlehre hat allerdings verhindert, dass selbst einfache zeitreihenanalytische Methoden in grösserem Ausmass eingesetzt wurden. Die TDS entspringt — wie einführend erwähnt — einer physikalisch-mathematischen Tradition; die Theorie gründet sich mathematisch auf Gleichungen, die die (meist zeitliche) Evolution einer Variablen bestimmen, also auf Differentialrechnung. Die mit Mess- und sonstigen "Fehlern" behafteten Reihen aus diskreten Messpunkten, die den Ausgangspunkt einer induktiven dynamischen Modellierung bilden, kontrastieren also zunächst deutlich mit der kontinuierlichen deterministischen Mathematik, in der die Axiome der TDS verfasst sind.

Die Konzepte und Methoden der TDS lassen sich am besten einführen und begründen, wenn man den Weg der geometrischen Veranschaulichung wählt. Der anschauliche Zugang geht vom Konzept des Zustandsraums (synonym: Phasenraum) aus. Ein Zustand eines dynamischen Systems zu einem Zeitpunkt t_0 ist dann genau

spezifiziert, wenn die Ausprägungen aller m relevanten Variablen des Systems zu diesem Zeitpunkt bekannt sind. Man kann dies durch einen Vektor darstellen, dessen Komponenten diese Variablenausprägungen sind: $z_0 = (x_1, x_2, \dots, x_m)$. Ein einfaches Beispiel aus der Mechanik wäre ein Pendel: dessen Zustand ist zu jedem Zeitpunkt durch den Ort und den Impuls (jeweils gemessen am Pendelkörper) gegeben. Der Zustandsraum des Pendels ist damit eine Ebene, die durch ein Koordinatensystem mit den Achsen Ort und Impuls aufgespannt wird. Der Zustand des Pendels ist ein Punkt in dieser Ort-Impuls-Ebene.

In Abb. 3.4 ist entsprechend der "psychologische Zustandsraum" der oben angeführten Klientin dargestellt. Wie bereits erwähnt, wurde nicht nur die in Abb. 3.1 gezeigte Stimmungsvariable erhoben, sondern simultan auch die subjektiv wahrgenommene bzw. beobachtete "Spannung" und die "Aktivität". Diese drei Observablen können natürlich nicht beanspruchen, den psychologischen Zustand eines Individuums vollständig zu charakterisieren; immerhin steht hinter der Auswahl der Versuch, einen repräsentativen Ausschnitt der psychologischen Mannigfaltigkeit global zu erfassen (vgl. die Osgoodschen Dimensionen evaluation, potency und activity; Osgood et al., 1957). Wenn wir also davon ausgehen, dass der im Sinne einer bestimmten Fragestellung relevante Zustandsraum eines kognitiv-emotionalen Systems durch die Spannung, Aktivität und Stimmung hinreichend bestimmt

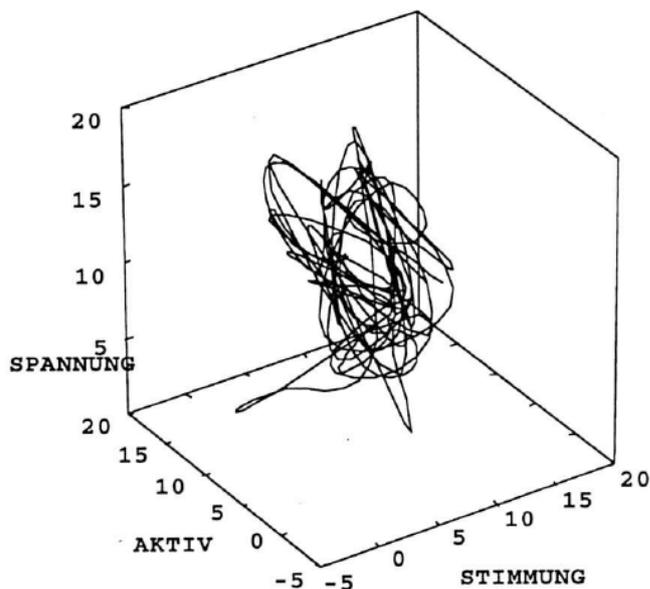


Abb. 3.4. Trajektorie der Dynamik einer Patientin im Phasenraum (Achsen des Raums: Spannung, Aktivität, Stimmung). Rohdaten sind 79 Messzeitpunkte (entsprechend ca. 26 Tagen). Die Trajektorie wurde mit einem spline-Verfahren interpoliert und geglättet.

wäre, käme einem einzelnen Zustand wieder ein Punkt in diesem dreidimensionalen Raum zu. Auch die Dynamik des Systems lässt sich dann leicht geometrisch veranschaulichen; sie ist repräsentiert durch eine Linie (in der TDS "Trajektorie" genannt), die einer kontinuierlichen Abfolge von Punkten entspricht. Durch die Sukzession der

Zeitpunkte, zu denen die Zustände gehören, ist die Trajektorie in unserem Beispiel mit einer Richtung ausgestattet (meist symbolisiert durch einen Pfeil).

Ich möchte diese grundlegenden Definitionen mit einem ersten Blick auf das Konzept des Gleichgewichts abrunden (nicht zu verwechseln mit dem Begriff des Gleichgewichts in der Thermodynamik; hier ist — wie stets, wenn nicht ausdrücklich anders vermerkt — dynamisches Gleichgewicht (Stabilität) gemeint). Ein Gleichgewicht kann ebenso wie ein beliebiger Systemzustand durch einen bestimmten ausgezeichneten Punkt im Zustandsraum markiert sein. Am Beispiel des gedämpften Pendels lässt sich dies leicht zeigen: Wenn das Pendel, durch Reibungskräfte gebremst, schliesslich zur Ruhe kommt, sind sein Impuls und sein Ort (bei geeigneter Wahl der Koordinaten) gleich Null geworden. Der Punkt $z(0,0)$ wird dann *Attraktor* des Systems genannt. Alle Trajektorien eines gewissen Bereiches im Phasenraum (dem Bassin oder Einzugsbereich) enden im Attraktor, der in diesem Fall als Fixpunkt bezeichnet wird. Attraktoren brauchen jedoch nicht konstante Zustände (also asymptotisch stabile "Fixpunkte") sein. So können auch periodische Veränderungen (konstante Oszillationen) attrahierenden Charakter haben; ein einleuchtendes Beispiel ist die Pendeluhr, die so konstruiert ist, dass ihr Pendel eine konstante Bewegung beschreibt. Störungen durch Anstossen oder kurzes Festhalten des Pendels werden durch den Mechanismus schnell wieder kompensiert. Im Phasenraum ist dieser Attraktor eine geschlossene Trajektorie: es werden stets dieselben Zustände wieder und wieder durchlaufen. Solche periodischen Attraktoren heissen "Grenzyklen". Treten solche attrahierenden Oszillationen in mehr als einer Phasenraumrichtung auf, resultiert ein zwei- und höherdimensionaler Attraktor (ein sogenannter Torus).

In vielen Anwendungen ist es jedoch nicht möglich, mehr als eine Observable des Systems in der Zeit zu erheben. Wie kann es dann gelingen, etwa einen Grenzyklus darzustellen, der wenigstens eine zweidimensionale Repräsentation erfordert? Es gibt hierzu einen häufig gebrauchten "Kunstgriff", um eine Zustandsraumdarstellung des Systems zu rekonstruieren, wenn nur die Zeitreihe einer einzelnen Observablen vorliegt. In dieser Observablen sind — so darf man meist annehmen — die relevanten Zustandsvariablen des Systems in unbekannter Kombination versteckt. Dafür wird nun die Autokorrelation der einzelnen Zeitreihe ausgenutzt: statt der Komponenten $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ des "wahren" Zustandsvektors werden zeitverschobene Werte der einen erhobenen Variablen x verwendet. Bei einer Zeitverschiebung τ ergibt sich ein rekonstruierter Zustandsvektor $\bar{z}_{t_0} = (x_{t_0}, x_{t_0+\tau}, x_{t_0+2\tau}, \dots, x_{t_0+(m-1)\tau})$, wobei m die "korrekte" Dimension des Zustandsraums (die Anzahl der "Einbettungsdimensionen") bezeichnet. Takens (1981) bewies, dass "typische" Eigenschaften des Systems im Phasenraum (s.u.) bei der Rekonstruktion durch die zeitverzögerten Koordinaten erhalten bleiben. Das Einbettungstheorem wurde so zu einem überaus wichtigen (wenngleich gelegentlich überstrapazierten) Hilfsmittel in der dynamischen Forschung, weil es der Problematik einer nur univariaten Messung begegnet.

Bei der Einbettung einer Zeitreihe stellt sich sofort die Frage, wie die Parameter τ und m zu wählen sind. Die Grösse der **Zeitverzögerung** sollte gewährleisten, dass die

gelagten Komponenten des Zustandsvektors weder völlig unabhängig noch völlig abhängig voneinander sind. Der Grund hierfür ist folgender: Sind die Komponenten zu wenig voneinander getrennt (τ ist zu klein), wird der Attraktor schlecht aufgefaltet, denn die Achsen des Phasenraums geben dieselbe Information wieder; ist dagegen τ so gross, dass die Komponenten völlig unkorreliert sind, wird der Attraktor in ganz unabhängige Richtungen des Phasenraums projiziert, und seine Gestalt ginge wiederum verloren. Also ist ein Rezept für einen Mittelweg zu suchen (Abarbanel et al., 1993). Als Faustregel für die Wahl von τ wird generell der lag des ersten Minimums der ACF verwendet. Das Problem hierbei kann sein, dass Autokorrelation als lineares Mass die nichtlineare Abhängigkeit der Komponenten des Zustandsvektors unzureichend erfasst. Mayer-Kress & Layne (1987) schlagen deshalb vor, die mutual information als besseren Indikator heranzuziehen. Mutual information ist gewissermassen die nichtparametrische Version der ACF; das Mass drückt aus, wieviel Information man der Ausprägung der Zeitreihe zum Zeitpunkt t darüber entnehmen kann, wie die Ausprägung zum Zeitpunkt $t + \tau$ ist. Als Wert für τ wird analog zur obigen Faustregel der lag des ersten Minimums der mutual information gewählt.

Die zweite Frage bei der Rekonstruktion des Phasenraums aus einer einzelnen Observablen betrifft die **Einbettungsdimension** m , und damit die zentrale Frage nach der Anzahl der Freiheitsgrade (der Dimensionalität) des Systems. Für manche Systeme, für die multiple Zeitreihen vorliegen, kann die Dimensionalität aus der Kovarianzmatrix linear geschätzt werden, indem man etwa ein faktorenanalytisches Verfahren über die Zeit (z.B. eine P-Technik nach Cattell) verwendet (vgl. Kapitel 8.3.2). Wie soll man aber vorgehen, wenn der Phasenraum selbst aus einer einzelnen Zeitreihenrealisation des Systems rekonstruiert werden soll? Roux et al. (1983) führen an der Belousov-Zhabotinski-Reaktion vor, dass ein rekursives trial-and-error-Verfahren möglich ist (vgl. Tschacher, 1990). Weiterhin kann man im Prinzip die im folgenden Abschnitt aufgeführten "typischen" Eigenschaften des Systems für wachsende Einbettungsdimensionen jeweils berechnen, und somit die Abhängigkeit der Eigenschaft von m bestimmen (die Frage lautet also: wie skaliert eine Eigenschaft mit der Einbettungsdimension?). Die kleinste Einbettungsdimension, ab der eine Berechnung konstant bleibt, ist dann eine Schätzung der geeigneten Einbettungsdimension, die allein schon aus datenökonomischen Gründen zu bevorzugen ist.

Wenn keine solche "Saturation" oder Sättigung auftritt, so ist dies selbst ein wichtiges Ergebnis der Zeitreihenanalyse: von Prozessen *ohne* serielle Struktur ist ja nicht zu erwarten, dass sie sich finitdimensional repräsentieren lassen. Ein reiner Zufallsprozess (white noise) füllt jeden rekonstruierten Phasenraum aus; seine Komplexität ist prinzipiell nicht reduzierbar auf eine "typische" Eigenschaft. In der Praxis der linearen und nichtlinearen Zeitreihenanalyse ist es denn auch die Kardinalaufgabe, die Gestalt einer Zeitreihe (möge sie aus einem autoregressiven Prozess oder auch aus niedrigdimensionalem Chaos hervorgegangen sein) von blossen Zufall zu trennen.

Eine weitere Methode zur Bestimmung der Einbettungsdimension m ist die Methode der "falschen nächsten Nachbarn" (false nearest neighbors, Kennel et al.,

1992). Nächste Nachbarn (NN) sind die Zustände eines Systems (also Punkte im Phasenraum), die den geringsten Abstand zu einem Referenzpunkt haben. Falsche NN sind solche Punkte in einem rekonstruierten Phasenraum, die nur deshalb einem Referenzpunkt benachbart sind, weil der noch nicht genügend aufgefaltete Phasenraum sie in eine solche Nachbarschaft projiziert hat (analog wie etwa der Schatten eines über mir fliegenden Flugzeugs direkt neben meinem eigenen Schatten auf die Erde geworfen sein kann, ohne dass das Flugzeug und ich im "wirklichen" dreidimensionalen Raum benachbart sind). Im richtig dimensionierten Phasenraum sollten solche irreführenden Nachbarschaften nicht mehr vorkommen; die gewählte Einbettung entfaltet dann die Zustände des Systems topologisch zutreffend. Falsche NN sind also Indikatoren für die Wahl von m . Das Verfahren funktioniert folgendermaßen: Man berechnet die Abstände l zwischen benachbarten Punkten im Phasenraum, zunächst für eine Einbettungsdimension m , dann für die nächstgrößere Einbettung $m + 1$. Das Auftreten von sprunghaft grösser werdenden Abständen $l_{m+1} \gg l_m$ deutet auf das Vorhandensein von falschen NN, denn wirkliche Nachbarn werden auch in höheren Dimensionen wieder als Nachbarn abgebildet. Diejenige Einbettung, bei der im Idealfall keine falschen NN mehr auftreten, ist die zu wählende Dimension des Phasenraums. Die falsche NN-Methode ist die beste derzeitig verfügbare Methode zur Bestimmung der Dimension des Phasenraums (Stewart, 1995). Ich werde ein analoges Verfahren bei verschiedenen Anwendungen (s. Kapitel 8) benutzen, indem diejenige Einbettung gewählt wird, bei der die Vorhersagbarkeit des Systems aufgrund der NN ein Optimum aufweist (vgl. die Ausführungen zu Forecasting im nächsten Abschnitt).

3.1.2.2 "Typische" Eigenschaften eines Systems im Phasenraum

Im folgenden möchte ich einige empirische Masse besprechen, die es erlauben, ein dynamisches System im Zustandsraum zu charakterisieren: die "ergodische Masse" der Informationsdimension, Entropie und Lyapunov-Exponenten. Die ergodische Theorie (Eckmann & Ruelle, 1985) liefert den mathematischen Ausgangspunkt für eine Diskussion solcher zeitinvarianter Masse und Deskriptoren von dynamischen Systemen.

Dem Aufsuchen von *Invarianten* kommt bei der nichtlinearen Modellierung (sowohl der induktiven wie deduktiven Variante) eine zentrale Rolle zu. Invarianten sind solche Masse, die bei einer Reihe von Transformationen des untersuchten Systems konstant bleiben: etwa bei einer Veränderung der Anfangsbedingungen, während verschiedener Zeitabschnitte des Systems, oder bei einer Veränderung des Koordinatensystems. Invariante Masse können quantitative Masse sein; es existieren aber auch qualitative Eigenschaften, die etwa topologische Attribute von Attraktoren im Phasenraum ansprechen, um ein System klassifizieren zu helfen. Erstere Invarianten werden auch als "continuous invariants", letztere topologische Invarianten als "discrete invariants" bezeichnet (Thompson & Stewart, 1993). Abarbanel et al. (1993)

vermuten, dass quantitative Invarianten, wie die im folgenden zu besprechenden Lyapunov-Exponenten oder die Dimensionalität eines Attraktors, allein nicht genügen, um Systeme erschöpfend zu charakterisieren. Allein in Kombination mit den topologischen Invarianten entstehe ein kompletter Satz von Invarianten, der Systeme trennscharf zu klassifizieren erlaubt.

A) Dimensionalitäten

Die Bestimmung der fraktalen Dimension als eine Methode zur Quantifizierung chaotischer Dynamik erhielt in den vergangenen Jahren viel Popularität — vielleicht zu Unrecht, was den Bereich der Psychologie und der Sozialwissenschaften angeht (Ruelle, 1990; Steitz et al., 1992; Scheier & Tschacher, 1994a). Der Begriff des Attraktors wurde bereits erwähnt; nun hat die dynamische Forschung, beginnend mit Lorenz' (1963) und Rösslers (1976) Beschreibungen nichtperiodischer Flüsse, eine weitere Klasse von Attraktoren entdeckt, die weder zu den Fixpunkten noch zu den periodischen Attraktoren zu rechnen sind: die chaotischen Attraktoren. Trajektorien, die auf solchen Attraktoren verlaufen, zeigen viele der Eigenschaften von rein zufälligen Entwicklungen: sie sind (zumindest auf Dauer) nicht vorhersagbar und zeigen u.U. ein flaches Periodogramm. Chaotische Dynamik lässt sich aber von stochastischer Dynamik durch ihre finite fraktale Dimension trennen (zur deduktiven Herleitung des Chaos s.u.). Stochastisch erscheinende Verläufe, die aus Systemen mit wenigen Freiheitsgraden herrühren, gehören also zu einer speziellen, diagnostizierbaren Klasse von Dynamiken.

Damit stehen wir wieder vor der oben gestellten Frage, wie die beste Einbettungsdimension m eines nur in einer Zeitreihe vorliegenden empirischen Systems zu bestimmen sei. Die Lösung besteht darin zu untersuchen, wie die Verteilung der Punkte im Phasenraum (d.h. der Systemzustände) mit dem Phasenraum skaliert. Für beliebige Längenskalen r im Phasenraum beobachten wir das Verhalten der Punkteverteilung $p(r)$; ein Beispiel für $p(r)$ könnte etwa die Anzahl der Punkte in einem Volumenelement des Radius r sein. Für den Grenzwert $r \rightarrow 0$ gilt nun die Beziehung

$$p(r) \propto r^d \tag{III.6}$$

wobei d die Dimension bezeichnet. Zur Plausibilisierung dieser Proportionalität: man sieht unmittelbar, dass die Anzahl von *in der Ebene* gleichverteilten Punkten mit dem *Quadrat* von r skaliert; im (dreidimensionalen) *Raum* ist der Skalierungswert $d = 3$, usw. Zugleich wird etwa eine (zweidimensionale) Fläche mit dem Quadrat eines Beobachtungsausschnitts r skalieren, auch wenn diese Fläche in beliebig hochdimensionalen Phasenräumen eingebettet wird. Der Skalierungswert d wird also bei wachsenden $m > d$ saturieren. Dieser Wert der Dimensionalität d muss keine ganze Zahl sein; chaotische Attraktoren weisen meist ein gebrochenzahliges (fraktales) d auf (Abraham & Shaw, 1984).

Wenn man Gleichung (III.6) beidseitig logarithmiert

$$\log p(r) \propto d \log r \quad (\text{III.6b})$$

wird deutlich, dass die Dimensionalität d als Steigung in einem log-log-Diagramm abgelesen werden kann (Steitz et al., 1992).

Es gibt mehrere Möglichkeiten, $p(r)$ zu berechnen. Eine detaillierte Diskussion findet man z.B. in Farmer et al. (1983), Mayer-Kress (1986) und in Theiler (1990). Der in den Anwendungen am weitesten häufigsten verwendete Algorithmus stammt von Grassberger & Procaccia (1983a). Zur Bestimmung des Skalierungsverhaltens eines Systems wird das "Korrelationsintegral" $C(r)$ herangezogen, das als die durchschnittliche Anzahl von Punktepaaren mit einem Abstand kleiner als r definiert ist. Die Korrelationsdimension d_2 ergibt sich damit als

$$d_2 = \lim_{r \rightarrow 0} \log \frac{C(r)}{\log r}. \quad (\text{III.7})$$

Die Korrelationsdimension gilt im Bereich bis zur Einbettungsdimension $m = 10$ als relativ zuverlässig, falls die Messqualität der Rohdaten genügend ist (fast kein Rauschen), und mindestens $N = 10^{m^2}$ Datenpunkte zur Verfügung stehen (Ruelle, 1990). Gerade im Bereich der Psychologie ist dies fast nie der Fall; eine Kritik der Anwendung gaben wir in Steitz et al (1992) und Scheier & Tschacher (1994b). Man ist inzwischen zur Ansicht gelangt, dass die Berechnung der fraktalen Dimensionalität eine unökonomische und schlecht interpretierbare Methode darstellt. Zudem sagt dieses Mass nichts über die Dynamik im Phasenraum aus, sondern bezieht sich vollständig auf die filigrane *Struktur* des Attraktors. In den meisten Fällen ist es daher aufschlussreicher, nach *dynamischen* Systemeigenschaften zu suchen.

B) Entropie

Ein chaotisches System kann, wie auch eine stochastische Zeitreihe, als eine Informationsquelle betrachtet werden (Shaw, 1981). Zwei minimal unterschiedliche Anfangswerte führen bei chaotischer Dynamik nach einer finiten Zeit zu deutlich unterschiedlichen Zuständen; d.h. benachbarte Trajektorien divergieren. Diese Informationsproduktion bzw. Entropieproduktion lässt sich für jedes differenzierbare System quantifizieren; sie ist eine dynamische Invariante des Systems. Es lässt sich wiederum ein ergodisches Mass finden, das die mittlere Rate der Informationsgenerierung (Kolmogorov-Sinai-Entropie) beschreibt (Eckmann & Ruelle, 1985; Abarbanel et al., 1993).

Nach Grassberger & Procaccia (1983b) kann die Entropieproduktion K aus dem Korrelationsintegral $C(r)$ berechnet werden:

$$\lim_{r \rightarrow 0} \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{1}{m} \lim_{N \rightarrow \infty} (-\log C(r)) = \Delta t K.$$

Grob gesagt, hängt die Entropie logarithmisch von der mittleren Wahrscheinlichkeit ab, dass zwei Phasenraumpunkte einen euklidischen Abstand $<r$ haben. Δt ist das Zeitintervall eines lags der Ausgangszeitreihe. Ist $K > 0$, kann man von einer Entropie- oder Informationsproduktion des Systems sprechen. K ist damit ein Indikator von Chaos, aber auch von Stochastizität.

Operationale Methoden zur Abschätzung von Entropie und Komplexität werde ich ausführlich in Abschnitt 6.2.1 beschreiben und in Kapitel 8 anwenden.

C) Lyapunov-Exponenten

Der Charakter eines Systems im Phasenraum kann dadurch eingeschätzt werden, dass das Schicksal eines kleinen Phasenraumvolumens, das der Systemdynamik ausgesetzt ist, untersucht wird. Man mag sich folgendes vorstellen: man markiert eine kleine Stelle eines Teiges mit Farbe und beobachtet, wie sich die farbige Stelle beim Kneten, Auswalzen und Zurückfalten des Teiges verändert. Beim Auswalzen werden farbige Stellen auseinandergezogen (divergiert), während beim Zusammenklappen bereits voneinander entfernte farbige Punkte wieder nahe beieinander zu liegen kommen (konvergieren). Das markierte Volumen ist also dauernden Veränderungen unterworfen, die offensichtlich von der Dynamik des Systems abhängen. Die Beschreibung der Raten, mit der die Markierung bezüglich aller Raumrichtungen gedehnt oder gestaucht wird, ist offensichtlich ein Charakteristikum dieser Dynamik.

Formal kann man im Phasenraum eines zu untersuchenden Systems entsprechend vorgehen: man wählt eine m -dimensionale Kugel zu einer Zeit $t = 0$ als Ausgangspunkt, und kann den i -ten Lyapunov-Exponenten folgendermassen definieren (Wolf et al., 1985):

$$\lambda_i = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \log_2 \frac{p_i(t)}{p_i(0)}. \quad (\text{III.8})$$

Dabei bezeichnet $p_i(t)$ eine Hauptachse des aus der Kugel in der Zeit t entstandenen Ellipsoids (vorausgesetzt ist eine differenzierbare Zeitevolution des Systems, sowie dass ein Grenzwert existiert). Die Exponenten λ_i konstituieren das Lyapunov-Spektrum, da in jeder Phasenraumrichtung eine Ellipsoidachse und ihre Länge p_i definiert ist; divergierende bzw. expandierende Richtungen haben positive Exponenten. Die Summe $\sum_{i=1}^m \lambda_i$ gibt an, ob Phasenraumvolumen durch den Fluss *insgesamt* kontrahiert oder expandiert wird. Ist diese Summe negativ, spricht man von einem dissipativen System (einem in toto homöostatischen System); für ein konservatives System im Sinne von Hamilton gilt $\sum_{i=1}^m \lambda_i = 0$; ein stochastisches System ist durch

$\sum_{i=1}^m \lambda_i > 0$ gegeben. Ein dissipatives System mit mindestens einem positiven Exponenten definiert Chaos. Die experimentelle Bestimmung der Lyapunov-Exponenten ist also wichtig für die Charakterisierung einer gegebenen Dynamik. In der Regel können experimentell nur die positiven λ_i berechnet werden (Eckmann & Ruelle, 1985).

D) Topologische Invarianten

Ein idealer seltsamer Attraktor hat in sich eine Menge instabiler periodischer Orbits. Die topologischen Eigenschaften der Verknüpfungen zwischen diesen instabilen Orbits charakterisieren verschiedene Klassen von Dynamik; diese topologischen Klassifikationen bleiben auch dann erhalten, wenn die Parameter des Systems sich ändern, also das System etwa von oszillativem Verhalten über Periodenverdopplungen zu chaotischem Verhalten evolviert. Dies steht offenbar in direktem Kontrast zu den bisher besprochenen quantitativen Invarianten, die mit den Kontrollparameteränderungen gekoppelt sind (Abarbanel et al., 1993).

Eine topologische Invariante ist beispielsweise die Art, wie ein Attraktor im Phasenraum unter der Dynamik verdreht wird. Die Orbits auf dem Rössler-Attraktor z.B. werden bei jedem Umlauf wie ein Möbiusband einmal gedreht (Abraham & Shaw, 1984; Tschacher, 1990). Andere seltsame Attraktoren können andere solche Verwindungszahlen aufweisen. Ein anderes Beispiel einer topologischen Invariante kann am Lorenz-Attraktor plausibel gemacht werden, dessen Trajektorien auf zwei "Flügeln" verlaufen können. Weiterhin können Attraktoren mit einem Loch in der Mitte (wie der Ueda-Attraktor, Stewart, 1995) von anderen Attraktoren unterschieden werden, deren Mitte zum Einzugsbereich des Attraktors gehört. Die Klassifizierung anhand diskreter Invarianten ist allerdings bislang erst für Attraktoren in dreidimensionaler Einbettung als praktikabel erwiesen.

Im Hintergrund dieser Charakterisierung von Dynamiken steht die Idee, eine Bibliothek von Attraktorschablonen aufzubauen: eine neue Dynamik kann anhand mehrerer qualitativer Eigenschaften einer Attraktorklasse zugeordnet werden. Eine solche Zuordnung könnte eine sozusagen "natürliche" Diagnostik von Dynamik eröffnen. Dies wäre ganz im Sinne der Hoffnungen, die Lewin (1936) in die topologische Psychologie setzte; der topologische Raum, in dem die "Teil-Ganz-Beziehung und Zusammenhangsverhältnisse (...) Grundbegriffe" sind, schien ihm eine geeignete Abbildung gerade von gestalthaften Zusammenhängen zu gewährleisten.

Solche qualitativen Klassifikationen könnten eines Tages im Bereich der Psychologie und Psychiatrie eingesetzt werden, um "chaosverdächtige" Verläufe gruppieren zu können, auch wenn aufgrund der Datenqualität oder Skalendignität die Bestimmung kontinuierlicher Invarianten schwierig ist. Bislang ist mir jedoch keine Anwendung ausserhalb der Physik bekannt.

E) Forecasting

Ein wesentliches Ziel jeder Modellierung ist es, ein besseres Verständnis dynamischer Systeme zu erlangen, d.h. Anhaltspunkte für die Vorhersage und Kontrolle von Entwicklungen zu gewinnen. In der Psychologie stellen sich der dynamischen Forschung letztlich Fragen der Anwendung: Welche Entwicklung in einem System kann ich erwarten? sowie: Wie kann ich intervenieren?

Man sieht sofort, dass die oben erörterten Modelle — z.B. (III.3) — eine Prognose (einen "Forecast") liefern, wenn man einen beliebigen Anfangswert z_{t-1} einsetzt, um einen Folgewert z_t zu berechnen. Selbstverständlich ist das Zutreffen der Prognosen ein Gütekriterium der gewonnenen Modelle. Man kann etwa durch Forecasting ein erstes, bereits erhaltenes Modell schrittweise optimieren.

Es besteht nun auch die Möglichkeit, durch wiederholtes Forecasting innerhalb einer empirischen Zeitreihe Informationen zur Modellierung der Dynamik selbst zu gewinnen (Morrison, 1991). Ein Verfahren, das (anders als ARMA- oder Fourier-Modelle) auf lineare Parameterschätzungen verzichtet, wurde von Sugihara & May (1990) vorgestellt. Diese Methode kann mit statistischen Hypothesenprüfungen kombiniert werden (Scheier & Tschacher, 1994a,b) und soll folgend vorgestellt werden.

Die Diskussion im Bereich dynamischer Systeme hat sich bisher vorwiegend mit strukturellen Eigenschaften nichtlinearer Systeme in einer geeigneten Einbettung befasst, nämlich mit der Dimensionalität (s.o.). Unterschiedliche dynamische Systeme zeichnen sich jedoch vor allem selbstverständlich durch spezifische *dynamische* Merkmale aus: Deterministisches Chaos etwa bedeutet langfristige Unvorhersagbarkeit bei kurzfristiger Vorhersagbarkeit (Drazin, 1992). Mit anderen Worten, eine wesentliche Eigenschaft dieser Systeme ist, dass sie aufgrund ihres Determinismus über kurze Zeit gut vorhersagbar sind, diese Vorhersagbarkeit jedoch mit anwachsender Zeitspanne exponentiell abnimmt. Das Ausmass dieser Unvorhersagbarkeit drücken die Entropie K und die Lyapunov-Exponenten aus. Genau diese Information nutzt nun auch der *nichtlineare Vorhersagealgorithmus* (Sugihara & May, 1990; Casdagli, 1992).

Dieser Algorithmus benutzt die erste Hälfte einer Zeitreihe als "Bibliothek", um den zukünftigen Verlauf für alle Punkte der zweiten Zeitreihenhälfte (bei variabler Zahl von Vorhersagezeitschritten) vorherzusagen. Zunächst wird wiederum der m -dimensionale Phasenraum mittels der Zeitverzögerungskordinaten rekonstruiert. Jeder Zustandsvektor ist durch m Komponenten festgelegt. Dann wird jeder Zustandsvektor durch seine nächsten Nachbarn (NN) "eingekreist": hierzu verwendet man einen sog. Simplex, der einem Punkt umschrieben wird. In der Phasenebene ($m = 2$) beispielsweise besteht ein Simplex aus $m + 1$ dreiecksförmig angeordneten NN. Die Evolution der NN dient nun zur Schätzung der Evolution des Indexvektors.

Die Vorhersagequalität wird schliesslich als Korrelation zwischen vorhergesagten und tatsächlichen Datenpunkten quantifiziert. In Abb. 3.5 wurden 5 Prozesse generiert, die jeweils eine uns interessierende dynamische Eigenschaft (Zufall, Linearität,

Chaos) repräsentieren. Auf diese Zeitreihen wendeten wir den nichtlinearen Vorhersagealgorithmus an (Scheier & Tschacher, 1994a).

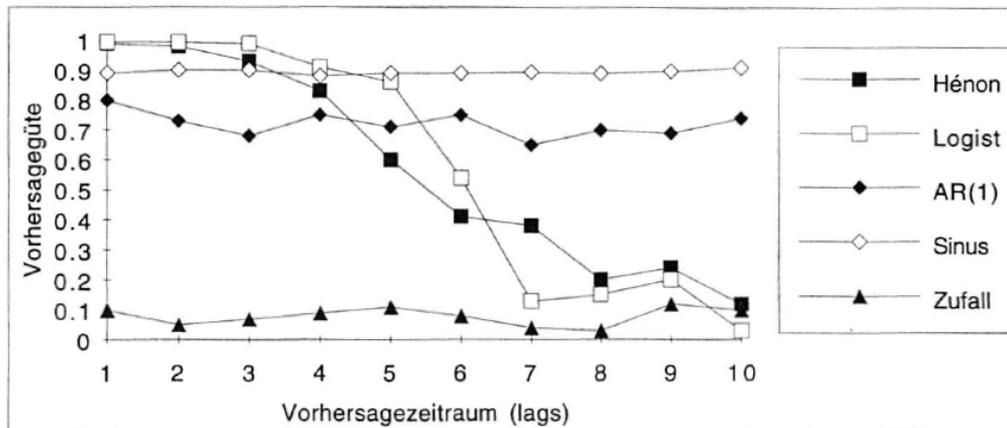


Abb. 3.5. Resultate der nichtlinearen Vorhersage für 5 simulierte Prozesse. Auf der y-Achse ist die Vorhersagequalität in Form der Korrelation zwischen vorhergesagten und tatsächlichen Werten angegeben. Die zugrundeliegenden Prozesse sind: (Logist) die logistische Gleichung in der chaotischen Region ($x_{t+1} = 4x_t(1 - x_t)$); (Hénon) Hénon-Abbildung in der chaotischen Region ($x_{t+1} = y_t + 1 - 1.4x_t^2$, $y_{t+1} = 0.3x_t$); (Sinus) eine zu 50% verrauschte Sinusfunktion $x_t = \sin(0.5t) + \varepsilon_t$, $\varepsilon \in [-0.5, 0.5]$; (AR(1)) ein linearer autoregressiver Prozess erster Ordnung (AR(1), $x_{t+1} = 0.4x_t + \varepsilon_t$, $\varepsilon \in [-1, 1]$); (Zufall) ein Zufallsprozess generiert mit einem Standardzufallsgenerator

Wie man klar erkennt, fällt die Vorhersagequalität für die chaotischen Prozesse mit zunehmenden Vorhersagezeitschritten signifikant ab. Dagegen bleibt die Vorhersagbarkeit für die linearen Prozesse über alle Vorhersagespannen konstant, während für den rein stochastischen Zufallsprozess überhaupt keine Vorhersagbarkeit erreicht werden kann. Mit anderen Worten, der Vorhersagealgorithmus ist in der Lage, drei zentrale Prozessklassen (stochastische, lineare und chaotische) zu differenzieren.

Es ist im übrigen deutlich, dass ein enger Zusammenhang zwischen der Abnahme der Vorhersagegüte und der Entropie wie auch den charakteristischen Exponenten besteht. Alle diese Methoden quantifizieren die Dissipativität eines Systems, also das Ausmass, in welchem es Komplexität erzeugt. Auf die Verbindungen zur Dimensionsanalyse wurde bereits hingewiesen: man kann die Einbettungsdimension dadurch schätzen, indem man das Maximum der Vorhersagekorrelation sucht (entsprechend dem Verfahren der false nearest neighbors; Kennel et al., 1992).

F) Surrogatdatenmethode

Theiler et al. (1992) haben eine Surrogatdatenmethode vorgestellt, die eine statistische Absicherung der Resultate ermöglicht. Mir scheint dieser statistische Bootstrap-Ansatz sehr geeignet, die Reliabilität von Ergebnissen einzustufen, wenn nur einzelne

Zeitreihen vorliegen. Letzteres ist in dynamischen Untersuchungen nicht nur in der Psychologie die Regel.

Es wird jeweils eine Nullhypothese der Art "Die Zeitreihe ist vom Typ X" aufgestellt, wobei X einen Zeitreihentypus quantifiziert, von dem man zeigen möchte, dass die empirische Zeitreihe ihm *nicht* zugehört (z.B. X ist ein Zufallsprozess, oder: X ist ein autoregressiver Prozess). Als Prüfstatistik, die einen relevanten dynamischen Aspekt der Daten beschreibt, kann man im Prinzip jede quantitative Invariante wählen (also etwa die Korrelationsdimension, den grössten Lyapunov-Exponenten oder die Vorhersagegüte).

Der nächste Schritt besteht dann darin, Surrogatdatensätze zu erstellen, die bezüglich Länge, Mittelwert und Varianz mit der Originalzeitreihe identisch sind, ansonsten jedoch z.B. verrauscht sind (Theiler et al., 1992). Für jeden Surrogatdatensatz berechnet man die gewählte Prüfstatistik und erhält so eine Verteilung dieser Prüfgrösse. In einem letzten Schritt prüft man, wo sich der für die empirische Zeitreihe berechnete Wert innerhalb dieser Verteilung befindet. Sei also G_D die für die empirischen Werte und G_{S_i} diejenige für den i -ten Surrogatdatensatz berechnete Prüfgrösse. Analog sei μ_S der Mittelwert und σ_S die Standardabweichung der Verteilung der für die Surrogatdaten berechneten Prüfgrössen G_S . Dann berechnet sich das Effektmass E als:

$$E = \frac{|G_D - \mu_S|}{\sigma_S} \quad (\text{III.9})$$

Das Effektmass ist eine Quantität ähnlich den in der Psychotherapieforschung oft verwendeten Effektstärken (vgl. Abschnitt 8.3.3); wenn die Prüfgrössen für die Surrogatdaten normalverteilt sind, lässt sich der p -Wert (Wahrscheinlichkeit eines Wertes in der Verteilung) für das Effektmass der getesteten Originalzeitreihe aus den Tabellen für die Standardnormalverteilung entnehmen.

G) Noise-versus-Chaos (NVC)

NVC ist eine weitere Methode, die Forecasting und Bootstrap-Tests miteinander verbindet. Der NVC-Algorithmus prüft, ob eine einzelne univariate Zeitreihe eine serielle Struktur besitzt, die von der eines linear-stochastischen Prozesses statistisch unterschieden werden kann. Die zu testende Nullhypothese besagt also: Die Indexzeitreihe ist ein linear korrelierter Prozess (ARMA-Prozess), der ein Powerspektrum besitzt, das Nichtlinearität oder Chaos vortäuscht. Diese Problematik entstand im Zusammenhang mit der Tatsache, dass weisses Rauschen und besonders "farbiges Rauschen" (das durch autokorreliertes Rauschen entsteht) finite Dimensionalitäten fingiert (Osborne & Provenzale, 1989; Theiler, 1991).

Der NVC geht zunächst wieder davon aus, dass eine univariate Zeitreihe nach der bereits beschriebenen Methode der Zeitverzögerungskordinaten von Takens m -

dimensional eingebettet wird. Als Prüfstatistik wird wie bei der oben dargestellten Forecasting-Methode von Sugihara & May (1990) die Vorhersagbarkeit verwendet. Dies ist eine Eigenschaft von zentraler Bedeutung für sich in der Zeit erstreckende Prozesse, die den Determinismus, der in einem Prozess "enthalten" ist, anspricht. Zur Schätzung der Vorhersagbarkeit wird für jeden Referenzpunkt \bar{x} des eingebetteten Systems der geometrisch nächstgelegene Nachbar gesucht; die zeitliche Evolution dieses Nachbarn wird mit der Evolution des Referenzpunktes verglichen, indem zwischen beiden die euklidische Differenz gebildet wird. Um künstlich hohe ("spurious") Vorhersagegüten zu vermeiden, werden solche nächsten Nachbarn ausgespart, die in zeitlicher Nachbarschaft des Referenzpunktes liegen. Eine Zeitreihe aus n skalaren Werten liefert $n - (m - 1)\tau - T$ solcher Differenzen, wobei τ die für die Einbettung benutzte Zeitverzögerung und T die Anzahl Zeitschritte in der Zukunft ist, für die die Vorhersage getroffen wird. Man erhält eine Verteilung von Differenzen, die den Vorhersagefehler quantifiziert, der der Zeitreihe inhärent ist (Kennel & Isabelle, 1992).

Dasselbe Verfahren wird nun für Surrogatzeitreihen durchgeführt, die dasselbe Powerspektrum haben wie die Indexzeitreihe, d.h. deren Autokorrelation identisch zu der der Indexzeitreihe ist (phasenrandomisierte Surrogate nach Theiler et al., 1992). Diese Surrogate simulieren damit eine Vorhersagbarkeit, die nur auf der Korrelation zwischen aufeinander folgenden Zuständen des sonst stochastischen Systems basiert. Die Surrogate sind also ARMA-Modelle der Indexzeitreihe.

Schliesslich werden die Vorhersagefehler von Indexzeitreihe und Surrogaten darauf geprüft, ob sie derselben Population entstammen. Kennel & Isabelle (1992) schlagen hierfür eine Mann-Whitney Rangsummenstatistik vor, die negative Werte von $z < -2.33$ dann ergibt, wenn die Vorhersagbarkeit der Indexzeitreihe 1%-signifikant besser ist als die der Surrogate. In unserer Implementation (Tschacher et al., 1997a) werden diese z -Werte berechnet (s. Abschnitte 8.2 und 8.4).

Ich will damit die Ausführungen zur induktiven Modellierung von Zeitreihen abschliessen. In Abschnitt 3.1 habe ich dabei Begriffe und Konzepte der TDS vertieft, die bereits in den ersten Kapiteln angeklungen waren. Ich ging davon aus, dass vom System jeweils lediglich Realisationen in der Zeit bekannt sind. Man kann diese induktive Form der Modellierung als behavioristisch bezeichnen: das System wurde als black box behandelt, über die nichts als ihr Verhalten bekannt ist. Allein der Output des Systems, sein Verhalten in der Zeit, sowie gegebenenfalls seine Input-Output-Relationen wurden herangezogen, um Binnenstrukturen der black box zu erhellen.

Häufig aber scheint ein rein induktives Vorgehen anhand der Messung an einem oder wenigen empirischen Systemen unnötig asketisch. Oft ist ja das Fachwissen zum Gegenstand weit umfangreicher, ja unüberschaubar. Ist es also nicht der angemessenere Weg, aus bereits bekanntem und repliziertem Zusammenhangswissen eine Theorie zusammenzustellen und ihre dynamischen Folgerungen zu studieren? Dies soll unter dem Begriff deduktiver Modellierung diskutiert werden. Auf diese Weise kann ich weiter in die TDS einführen und insbesondere die formale Grundlage der

Selbstorganisationstheorie darstellen.

3.2 Deduktive Modellierung

Die Theorie dynamischer Systeme ist *auch* eine mathematische Disziplin. Jenseits von Messfehlern und Datenqualität kann — sozusagen von oben nach unten — ein dynamisches System durch eine Differentialgleichung (DGL) definiert werden:

$$\frac{dX_i}{dt} = F(X_i(t), \mu) \quad (\text{III.10})$$

Darin stehen X_i für die i -te Zustandsvariable des m -dimensionalen Systems ($i = 1, 2, \dots, m$), $\frac{dX_i}{dt}$ ist ihre Ableitung in der Zeit. μ bezeichnet die Menge der Kontrollparameter. F steht für eine nichtlineare Funktion, die geometrisch als ein Vektorfeld im Phasenraum dargestellt werden kann. Gleichung (III.10) ist ein System von Differentialgleichungen erster Ordnung (d.h. es kommen nur erste Ableitungen vor); dies stellt insofern den allgemeinen Fall dar, als eine DGL m -ter Ordnung immer in ein System von m DGL erster Ordnung überführt werden kann. Eine DGL bzw. ein System von DGL wird auch ein Fluss im Phasenraum \mathfrak{N}^m genannt.

Analytische Lösungen eines DGL-Systems sind nur in wenigen wohldefinierten Situationen möglich, bei denen der Fluss integrierbar ist. Meist jedoch muss man Gleichungen numerisch, d.h. durch schrittweises Ausrechnen, lösen; der Differentialquotient $\frac{dX_i}{dt}$ ist ja definiert als Grenzwert des Differenzenquotienten $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta X_i}{\Delta t}$.

Der Differenzenquotient wird berechnet als:

$$\frac{\Delta X_i}{\Delta t} = \frac{X_i(t + \Delta t) - X_i(t)}{\Delta t} \quad (\text{III.11})$$

Man kann näherungsweise die rechten Seiten von (III.10) und (III.11) gleichsetzen und erhält:

$$\frac{X_i(t + \Delta t) - X_i(t)}{\Delta t} = F(X_i(t), \mu)$$

d.h.,

$$X_i(t + \Delta t) = X_i(t) + \Delta t F(X_i(t), \mu) \quad (\text{III.12})$$

(III.12) kann also als Rechenanweisung dienen, um jeden Folgewert einer Variablenausprägung zu berechnen: der Folgewert nach einem kleinen Zeitintervall Δt

ergibt sich aus der ursprünglichen Variablenausprägung und aus der Anwendung der Funktion F (unter Berücksichtigung der Kontrollparameter) auf diese (Haken & Wunderlin, 1991). Diese schrittweise Lösung eines DGL-Systems ist mit einem Computer gut durchführbar. Von jedem Anfangswert im Phasenraum aus kann so die Trajektorie des Systems in kleinen Δt -Schritten approximiert werden.

Wenn nun die Lösung des dynamischen Systems (III.10) entweder analytisch oder in der gezeigten numerischen Näherung gegeben ist, kann prinzipiell die gesamte Dynamik des Systems aufgeklärt und beschrieben werden. Dazu gehören insbesondere alle Merkmale und Kriterien (kontinuierliche und topologische Invarianten), die ich bereits unter dem Stichwort der induktiven Modellierung in Abschnitt 3.1.2 aufgezählt habe.

3.2.1 Stabilität

Speziell die Gleichgewichtszustände ("Attraktoren") eines gegebenen Systems sind von Interesse. Man erhält die Fixpunkte, indem man die Ableitung in (III.10) gleich Null setzt. Die Information, die man aus der Ableitung entnehmen kann, enthält im mehrdimensionalen Fall die Jacobi-Matrix, in der die partiellen Ableitungen von F nach X_i stehen. Allgemein kann man die stabilen Zustände anhand der Jacobi-Matrix $D_x F$ bestimmen. Die Eigenwerte dieser Matrix bezeichnen das Stabilitätsverhalten: Eigenwerte mit negativem reellen Teil weisen auf Fixpunkte hin.

Auch die Lyapunov-Exponenten λ lassen sich über die Determinante der Jacobi-Matrix definieren (Eckmann & Ruelle, 1985, S. 620):

$$\lambda(X, \delta X) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \log |(D_x F^T) \delta X| \quad (\text{III.13})$$

δX bezeichnet eine Auslenkung, T die Gesamtzeit, während der beobachtet wird. Bergé et al. (1984, S. 279) beschreiben das formale Vorgehen zur Gewinnung der charakteristischen Lyapunov-Exponenten im einzelnen folgendermassen: Sie gehen von Gleichung (III.10) aus (vereinfacht geschrieben als $dX/dt = F(X)$). X versteht sich als ein Vektor (X_1, X_2, \dots, X_m) der Zustandsvariablen. Für jeden Punkt $X(t)$ des Flusses kann man untersuchen, wie sich eine Differenz δX entwickelt. Vorausgesetzt ist die Linearisierung der Funktion F an diesem Punkt:

$$\frac{d(\delta X)}{dt} = \left. \frac{\partial F}{\partial X} \right|_{X(t)} \delta X \quad (\text{III.14})$$

$\left. \frac{\partial F}{\partial X} \right|_{X(t)}$ ist eine Matrix, die vom Fluss III.10 und von der jeweils geforderten Lösung $X(t)$ abhängt. Durch Integration von (III.14) erhält man eine Matrix $L(t)$, die

die Evolution einer (kleinen) Auslenkung δX nahe einer Trajektorie beschreibt:

$$\delta X(t) = L(t)\delta X(0) \quad (\text{III.15})$$

$L(t)$ ist eine quadratische $m \times m$ Matrix mit m Eigenwerten λ_i , die Information über die Konvergenz oder Divergenz von Auslenkungen in allen Phasenraumrichtungen enthalten; $\delta X(0)$ ist die vorgegebene Auslenkung bei den Anfangswerten des Flusses. Der einfachste Fall ist gegeben, wenn $\partial F/\partial X$ konstant ist, also nicht von der Zeit abhängt. Dann kann (III.15) folgendermassen geschrieben werden:

$$\delta X_i(t) = \delta X_i(0)e^{\lambda_i t} \quad (\text{III.16})$$

Mit diesen Überlegungen hat man (in einem einfachen linearen Spezialfall) eine Lösung für die Frage finden können, wie sich kleine Abweichungen von einer Trajektorie eines dynamischen Systems dynamisch verhalten. Gleichung (III.16) lässt eine einfache Fallunterscheidung zu: Abweichungen in der Phasenraumrichtung i bleiben erhalten, wenn $\lambda_i = 0$ gilt. Für $\lambda_i < 0$ werden Abweichungen zerfallen (Konvergenz in der Phasenraumrichtung i). Bei positiven λ_i verstärken sich auch kleinste Abweichungen in der Zeit: dieser Fall korrespondiert mit der Eigenschaft der "sensiblen Abhängigkeit von Anfangsbedingungen" in deterministisch-chaotischen Systemen. Eine anschaulich-geometrische Herleitung der charakteristischen Exponenten ("CE") findet sich in Abraham & Shaw (1984).

Die Summe der charakteristischen Exponenten λ_i sagt aus, ob das System insgesamt dissipativ oder konservativ (Hamiltonisch) oder stochastisch ist, d.h. ob ein Phasenraumvolumen unter dem Fluss dX_i/dt komprimiert oder erhalten wird (s. Abschnitt 3.1). Wolf et al. (1985) diskutieren die Folgerungen aus dem Lyapunov-Spektrum für verschiedene Systemklassen. Vorausgesetzt sei ein dissipatives kontinuierliches System aus drei Zustandsvariablen, dessen Lyapunov-Spektrum durch die Vorzeichen charakterisiert ist. Es existieren folgende Möglichkeiten: (-,-,-), ein Fixpunkt; (-,-,0), ein Grenzyklus; (-,0,0), ein Torus (d.h. gewissermassen ein zweidimensionaler Grenzyklus von der Form eines "Schlauchs"); sowie (+,0,-), ein chaotischer Attraktor. Ausser beim Fixpunkt hat jedes System mindestens ein $\lambda_i = 0$ (Haken, 1983), dem die Richtung tangential zur Trajektorie entspricht. Ein chaotischer Attraktor gehorcht also (als Attraktor) der Gleichgewichtsbedingung $\sum_{i=1}^m \lambda_i < 0$; dabei findet in mindestens einer Raumrichtung ein Faltungsprozess und in mindestens einer anderen ein Divergenzprozess statt (Rössler, 1976). Die divergierenden Trajektorien werden so in einem umschriebenen Bereich des Phasenraums gehalten.

Das Verfahren, mit dem das dynamische Schicksal kleiner Abweichungen bestimmt werden kann, um so die bereits erwähnten Lyapunov-Exponenten einzuführen, ist identisch mit der linearen Stabilitätsanalyse eines dynamischen Systems der Form (III.10) (vgl. Haken, 1988, S.46; Haken, 1990, S. 131ff; Haken & Wunderlin,

1991, S. 219ff).

3.2.2 Instabilität und Selbstorganisation

Die lineare Stabilitätsanalyse erbringt eine Charakterisierung der Variablen des Systems nahe einem Gleichgewichtspunkt X_0 . Dies gelingt dadurch, dass man das zeitliche Verhalten einer kleinen Auslenkung untersucht: die Eigenwerte (Lyapunov-Exponenten) entscheiden über die Stabilität (Divergenz oder Konvergenz von benachbarten Trajektorien) in jeder der m Richtungen des Phasenraums. In der Grundgleichung (III.10) haben wir nun festgelegt, dass die Systemvariablen Funktionen der (äusseren) Kontrollparameter μ seien. Die Eigenwerte λ_i sind also abhängig von μ . Der Gleichgewichtszustand X_0 wird allgemein immer dann instabil, sobald sich Umgebungsvariablen so verändern, dass $\lambda_i(\mu) = 0$ wird.

Haken & Wunderlin (1991, S. 226f) teilen nun die Zustandsvariablen des Systems nahe einer Instabilität ein in solche, die instabil werden und solche, die stabil bleiben. Unter Voraussetzung einer geeigneten Koordinatentransformation benennen die Autoren die Phasenraumvariablen (in der Synergetik oft: Moden) als ξ_i , für die gilt:

$$N_L(X) = \sum_{i=1}^m \lambda_i \xi_i O_i \quad (\text{III.17})$$

wobei O_i ein orthonormales Koordinatensystem bezeichnet. Man kann nun die nichtlinearen Gleichungen aufspalten in einen linearen Anteil, der sich wie (III.17) verhält, sowie die dort weggelassenen nichtlinearen Teile $G_k(\xi)$. Für die k -te Mode gilt dann:

$$\frac{d\xi_k}{dt} = \lambda_k \xi_k + G_k(\xi) \quad (\text{III.18})$$

Aufgespalten in zwei Gleichungen für die instabilen Lösungen (Vektor u mit Laufindex j) und stabilen Lösungen (Vektor s mit Laufindex n) ergibt sich:

$$\frac{du_j}{dt} = \lambda_j u_j + Q_j(u, s) \quad (\text{III.19})$$

$$\frac{ds_n}{dt} = \lambda_n s_n + P_n(u, s) \quad (\text{III.20})$$

Diese Gleichungen enthalten keine Näherung und sind damit exakt (im Gegensatz zu den linearisierten Gleichungen in der obigen Stabilitätsanalyse). Ausserdem beschreiben (III.19) und (III.20) die volle mikroskopische Komplexität des Systems:

die Dimension der angesprochenen Vektoren u und s kann also in einem komplexen Vielteilchensystem leicht von der Grössenordnung 10^{10} und grösser sein! Mit anderen Worten: die Gleichungen sind für die konkrete Modellierung in der vorliegenden Form unbrauchbar. Hier kommt nun das "Versklavungsprinzip" der Synergetik zum Tragen, das das Kernphänomen jedes Selbstorganisationsansatzes betrifft. Es geht dabei darum, nach Wegen zu suchen, wie möglichst viele Variablen in den Gleichungen ersetzt werden können, bis nur noch die makroskopisch effektiven und relevanten Faktoren stehen bleiben. Diese Faktoren heissen in der Synergetik Ordner oder auch Ordnungsparameter.

Einen Anhaltspunkt für die Reduktion der Freiheitsgrade komplexer Systeme liefert dabei die Zeitdimension, innerhalb derer stabile und instabile Variablen ausgeblendet werden. Die am genannten Instabilitätspunkt instabil werdenden Variablen werden bei wachsendem λ_j grössere Amplituden annehmen und längere Relaxationszeiten aufweisen. Die nichtlinearen Terme in (III.19) und (III.20) sorgen für eine Wechselwirkung zwischen u und s . Betrachtet man die Veränderung der stabilen Variablen nach (III.20), so wird das lineare Glied $\lambda_n s_n$ bei negativem λ für sich allein für ein Abklingen von s_n sorgen. Das wird kompensiert durch das nichtlineare Glied $P_n(u, s)$, das durch die langsam veränderlichen instabilen Variablen u bestimmt wird. Die stabilen Variablen folgen den instabilen nach. Die stabilen Moden können daher als Funktion der instabilen Moden geschrieben werden! Aus (III.19) und (III.20) wird nun die stark vereinfachte Ordnungsparametergleichung:

$$\frac{du_j}{dt} = \lambda_j u_j + Q_j(u, s(u)) \quad (\text{III.21})$$

eine DGL, die allein von u abhängt.

In der Umgebung eines kritischen Instabilitätspunktes werden in der Regel nur eine oder wenige Variable zugleich instabil. Diese übernehmen dann die Funktion der Ordnungsparameter, die die grosse Zahl stabil bleibender Variablen "versklaven" (Abb. 3.6). Wenn die Dynamik der Systemkomponenten und die Details ihrer nichtlinearen Wechselwirkung bekannt sind, kann das Selbstorganisationsmuster sogar vorhergesagt werden (Haken, 1990). Allerdings wird dieses "top-down"-Vorgehen bei der Herleitung eines Selbstorganisationsprozesses (im Rahmen einer deduktiven Modellierung) nur in Ausnahmefällen möglich sein.

3.2.3 Bifurkationen

Ich habe oben (Gleichung (III.10)) darauf hingewiesen, dass die Dynamik der Systemvariablen Funktionen auch der (äusseren) Kontrollparameter seien. Die Eigenwerte λ_i , die Aufschluss über die lokale Stabilität des Systems geben, sind abhängig von μ . Die n Komponenten des Vektors der Kontrollparameter μ spannen ein n -

dimensionales Koordinatensystem auf, den Parameterraum. Nehmen wir an, dass für ein dynamisches System drei voneinander unabhängige Kontrollparameter existieren, und fragen uns nach der Darstellung einer Instabilität. Instabilität wurde oben definiert als der Umstand, dass ein vormalig negativer Eigenwert Null wird: $\lambda_i(\mu) = 0$. Diese Bedingung legt im dreidimensionalen Parameterraum eine Fläche fest. Soll ein weiterer Eigenwert zugleich instabil werden, ist die Schnittlinie mit einer zweiten Fläche angesprochen. Der Weg, den ein System im Parameterraum durchläuft, entscheidet also darüber, ob und welche Instabilitäten das System erfährt. Je nach der Variation der "kontrollierenden" Umwelt des Systems verändert sich die Wahrscheinlichkeit, auf eine Instabilitätsfläche oder gar auf die Linie, die die kompliziertere Instabilität repräsentiert, zu treffen.

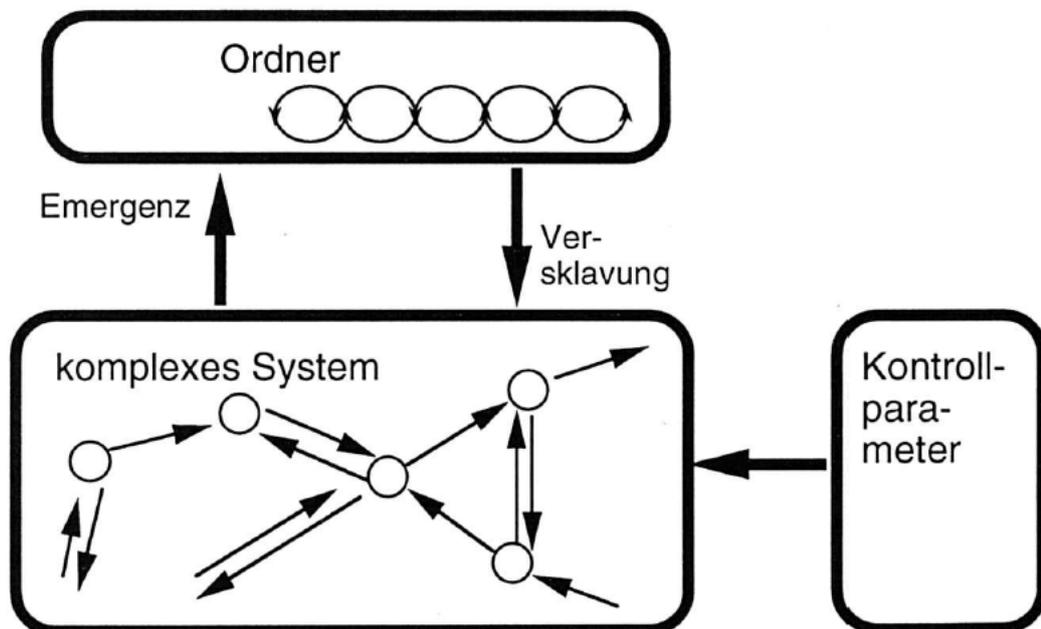


Abb. 3.6. Schematische Darstellung eines selbstorganisierten Systems

Mehrere unterschiedliche Wege durch Instabilitäten sind bekannt; ihrer Untersuchung widmet sich die mathematische Bifurkationstheorie (Thompson et al., 1994). Ein auch in der Psychologie bekanntgewordener Ansatz zur Modellierung von Bifurkationen ist die Katastrophentheorie des Mathematikers R. Thom (Zeeman, 1976).

Die bekannteste, in vielen Systemen antreffbare Instabilität wird nach ihrem Entdecker Hopf-Bifurkation genannt. Betrachten wir ein einfaches System, den Van der Pol-Oszillator (Koçak, 1989; vgl. Abraham & Shaw, 1984):

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 - (x_1^3 - ax_1) \\ \dot{x}_2 &= -x_1. \end{aligned} \tag{III.22}$$

Dieses System zeigt eine Hopf-Bifurkation, wenn der Kontrollparameter a seinen

Wert ändert. $x_1 = x_2 = 0$ führt offensichtlich dazu, dass die Ableitungen Null sind; d.h. der Ursprung ist ein singulärer Punkt. Für $a < 0$ ist der Ursprung ein globaler Punktattraktor. Wird aber a positiv, verliert der Ursprung seine attrahierenden Eigenschaften und ein Grenzyklus um den Ursprung entsteht (nach dem "Poincaré-Bendixon-Theorem", s. Haken, 1990, S.130). Die Hopf-Bifurkation "Fixpunkt \rightarrow oszillierender Attraktor" markiert einen qualitativen Sprung in den Eigenschaften des Systems. Solche Bifurkationen stehen oft am Beginn einer Kaskade von Instabilitäten, die schliesslich zu chaotischen Regimes führen.

3.3 Hypothesen-deduktives Modellieren

3.3.1 Methodenkritik und Methodenindikation

An verschiedenen Stellen bei der oben (Abschnitt 3.1) vorgenommenen grafted Darstellung von Möglichkeiten, eine Dynamik induktiv zu charakterisieren, wurde deutlich, dass Probleme entstehen können, sobald man die genannten ergodischen und invarianten Masse in empirischen Daten evaluieren will. Beinahe alle Voraussetzungen, unter denen Konzepte und Koeffizienten mathematisch definiert sind, sind angesichts im Feld oder Experiment erhobener Daten nur teilweise oder näherungsweise gegeben. Es ist deshalb in jeder empirischen Anwendung ein methodenkritisches Vorgehen erforderlich.

	Lyapunov-Exponenten	Dimensionsanalyse	nonlinear forecast
Funktionsweise:	Divergenz von benachbarten Trajektorien in einer Richtung des Phasenraums	Skalierung im Einbettungsraum	parameterfreie Vorhersage durch nearest neighbors im Phasenraum
Ergebnisgrösse:	Grösse des grössten Exponenten	(fraktale) Dimension eines Attraktors	Korrelation zw. forecasts und Messwert
Charakterisierung:	nichtlinear, deterministisch	nichtlinear, deterministisch	nichtlinear, stochastisch u. deterministisch
benötigte Zeitreihenlänge:	>300 (je nach Datengüte)	>1000 bei $m=6$	>200
Anforderungen an Auflösung:	mind. 5 bit	hoch	wenige; mehr = besser
statistische Absicherung:	-; Bootstrap-Tests möglich	-; meist face validity von plots, Bootstrap-Tests möglich	Bootstrap-Tests; Vergleich mit ARIMA-forecasts
Ziel:	Nachweis Chaos	Nachweis Chaos, Anzahl relev. Variablen	Determinismus; prüft Modellannahmen
Literatur:	Wolf et al. (1985)	Grassberger & Procaccia (1983); Theiler (1990)	Casdagli (1992); Sugihara & May (1990); Theiler et al. (1992)

Tab. 3.1. Methodenindikation bei der Zeitreihenanalyse. Überblick über einige nichtlineare Methoden sowie Kriterien ihrer Anwendbarkeit

Insbesondere Verfahren zur Charakterisierung chaotischer Dynamik waren bislang mit Datenanforderungen verbunden, die in psychologischen Datensätzen fast nie verwirklicht werden konnten. In einem Aufsatz (Steitz et al., 1992) untersuchten wir die Anwendbarkeit der am häufigsten in der Literatur anzutreffenden Technik (der Dimensionsanalyse nach Grassberger & Procaccia, 1983a). Die Länge der erhobenen Zeitreihe, die Auflösung der Messwerte und der Messfehler, sowie das Ausmass der Zufallsfluktuationen des Systems erweisen sich dabei als stark limitierende Faktoren (vgl. Scheier & Tschacher, 1994b).

In Tabelle 3.1 und 3.2 werden deshalb im Überblick einige Anhaltspunkte und Kriterien angegeben, die bei der Wahl einer bestimmten Zeitreihenanalysemethode behilflich sein können.

	ARIMA	State Space (Zustandsraum- modellierung)	Faktorenanalyse (Karhunen- Loéve)	Spektralanalyse (Fouriertrans- formation)
Funktionsweise:	Minimieren der Abweichungsquadrate	Vektorieller Markov-Prozess, kanonische Korrelationsanalyse	korrelative Analyse der Datenmatrix Variablen (bzw. Vpn) mal Zeitpunkte	Zerlegung einer Zeitreihe in eine Anzahl trigonometrischer Komponenten
Ergebnisgrösse:	Steigung der Regressionsgeraden (AR), Gewichtung vergangener Zufallseinflüsse (MA)	Kausalmodell der Wechselwirkungen der Variablen und zeitverschobenen Variablen	Faktorenwerte von Situationsfaktoren	Grösse der einzelnen Teil-schwingungen
Charakterisierung:	linear, stochastisch	linear, stochastisch, multivariat	linear, multivariat	linear, deterministisch, univariat
benötigte Zeitreihenlänge:	>ca. 30	wie ARIMA, steigt mit Variablenzahl und lags	> Variablenzahl	-
Anforderungen an Auflösung:	wenige Abstufungen	wenige Abstufungen	wenige Abstufungen	wenige Abstufungen
statistische Absicherung:	Signifikanz, Test der Residuen, AIC	Signifikanztests der Modellparameter	im Einzelfall deskriptiv	deskriptiv
Ziel:	lineares Modell	(zeitverschobene) Zusammenhänge der Variablen	Extraktion von Faktoren des Prozesses; lineare Dimensionalität	lineares Modell, Finden von Periodizitäten
Literatur:	Schmitz (1989)	Chatfield (1989)	Bortz (1993)	Bloomfield (1976)

Tab. 3.2. Methodenindikation bei der Zeitreihenanalyse. Überblick über einige lineare Methoden sowie Kriterien ihrer Anwendbarkeit

3.3.2 Integration der beiden Modellierungs"richtungen"

Abarbanel et al. (1993) stellen in ihrem Review-Artikel fest, dass die Aufgaben, die die Analyse beobachteter und deduzierter Signale von Systemen zu bewältigen hat, ziemlich die gleichen sind — die Methoden für die Analyse dagegen substantiell voneinander abweichen. Kann man also beide Modellierungsrichtungen integrieren?

Es wäre eine Idealform dynamischer Forschung, sich einem Problem von beiden Seiten — deduktiv und induktiv — anzunähern: Zeitreihenanalysen gäben die Zwangsbedingungen vor, innerhalb derer ein tentatives Modell formuliert werden könnte. Die Eigenschaften des Modells könnten wiederum rekursiv Hypothesen für weitere empirische Beobachtungen liefern, die rückwirkend das Modell weiter verfeinern helfen, etc. Als Grenzwert einer solchen Einkreisung eines Sachverhalts entstünde eine hypothetiko-deduktive Modellierung eines dynamischen Systems, d.h. schliesslich eine Theorie über einen Prozess. Die Probleme der Induktion (fragliche Verallgemeinerbarkeit) und der Deduktion (fragliche Realitätsnähe) könnten sich gewissermassen wechselseitig im Rahmen halten und so die beste Theorie iterativ lokalisieren helfen. Dies zumindest ist eine Hoffnung, zu der eine kritisch-rationalistische wissenschaftstheoretische Haltung in dieser Hinsicht einlädt.

Dieser Idealfall der Theoriebildung durch dynamische Forschung ist aber mit einer Reihe von schwerwiegenden Problemen konfrontiert. Verschiedene Gründe sprechen dafür, dass sich die "Grenzwerte" induktiver und deduktiver Modellierung nicht hinreichend nahekomen, um in einem *beidseitig* gesicherten Modell zu resultieren.

- schwache Kausalität: Wie oben ausgeführt wurde, sind komplexe Systeme häufig Informationsquellen (sie haben positive Lyapunov-Exponenten). Dies führt dazu, dass auch im unwahrscheinlichen Fall strikten Determinismus ein Prozess nach einer gewissen, individuell verschiedenen Zeit zu unvorhersagbaren Resultaten führen muss.

- Stationarität: Psychologische und soziale Prozesse sind oft nichtstationär und nichtwiederholbar. Es kann nicht sichergestellt werden, dass ein komplexes psychologisches System (KPS) sich auch nur zweimal im gleichen dynamischen Zustand befindet.

- Was bei linearen Modellen nach Kriterien und Tests festgelegt werden kann, ist bei nichtlinearen Modellen uferlos: die Zahl infragekommender Modellformen. Es gibt keine Methode, die die exakte Form (die Gleichungen) eines nichtlinearen Zusammenhangs aus einer noch so idealen zeitlichen Realisation des Systems heraus bestimmen könnte. Hier bleibt das Experiment unverzichtbar.

- Es ist schwierig, eine Intuition für komplizierte Differentialgleichungen oder Differenzgleichungen zu entwickeln. Dies gilt gerade auch für Systeme aus miteinander gekoppelten Gleichungen. Das Verhalten des DGL-Systems bei nichtlinearer Kopplung ist übersummativ.

Welche Konsequenzen hat dies für die psychologische Modellbildung? Vorläufig erscheinen mir die Voraussetzungen, zu einer *Simulation* von komplexen psychologischen Systemen zu gelangen, in fast allen Fällen nicht gegeben zu sein. Die Erwar-

tungen, die sich in einer ersten Phase der psychologischen Erkundung der TDS an die Methode der Computersimulation richteten, wurden nach meiner Beobachtung enttäuscht; dieser anfängliche Enthusiasmus ist in einigen Sammelbänden dokumentiert (Levine & Fitzgerald, 1992; Tschacher et al., 1992; Robertson & Combs, 1995). Diese frühen Simulationen verwenden oft Gleichungen als Schablone, von denen von vornherein bekannt ist, welches Verhalten sie produzieren (z.B. das Lorenzsystem (Troitzsch, 1990); die logistische map (Simon, 1989; Höger, 1991); gekoppelte van der Pol-Systeme (Warner, 1992)). Es besteht dabei eine gewisse Gefahr, die Ostereier zu entdecken, die man selbst versteckt hat. Eine Plausibilisierung solcher Simulationsergebnisse ist dann post hoc immer leicht zu erreichen. Angaben zu Simulationsansätzen in der Psychologie finden sich z.B. in Kriz (1990), Tschacher (1990), Brunner & Tschacher (1991), Schiepek (1991), Schaub & Schiepek (1992), Znoj (1992), Caspar et al. (1992), Tschacher & Schiepek (1997).

Ein weiteres Problem, das den Wert von Computersimulationen oft in Frage stellt, ist die Anzahl von Konstanten, Parametern und Variablen des Simulationssystems. Ist diese nur hinreichend hoch, so lässt sich verständlicherweise jedes mögliche Verhalten eines zu modellierenden Sachverhalts repräsentieren. Ob daraus allerdings noch Erkenntnisse über den Sachverhalt resultieren können, erscheint mir zumindest fraglich.

Interessanterweise hat sich in einer gänzlich simulationsorientierten Disziplin, der Forschung zur künstlichen Intelligenz, eine Entwicklung ergeben, die meiner Skepsis angesichts der Simulationsmethoden entgegenkommt: der ursprüngliche Versuch, psychologische kognitive Theorien direkt in Computermodelle umzusetzen (z.B. die ACT-Modellierung nach Anderson, 1983), hat sich nicht bewährt; man schuf im wesentlichen ausgefeilte Deskriptionen von kognitiven Vorgängen, die sich angesichts neuer Kontexte und Problemstellungen völlig "unintelligent" verhielten. Die nächste Entwicklung in der cognitive science war daher die Wiederentdeckung des Konnektionismus, der von einfachen, lernfähigen neuronalen Netzwerken ausgeht, um kognitive Teilprozesse realistischer zu modellieren (McClelland & Rumelhart, 1988; Haken, 1988b). In neuerer Zeit zeichnet sich eine weitere Wandlung der künstlichen Intelligenz-Forschung ab: in der Robotik (Pfeifer & Scheier, 1994) werden einfache Maschinen (autonomous agents, "vehicles", Braitenberg, 1986) mit rudimentärem Sensorium und Motorik eingesetzt, um in einer realen Umwelt Aufgaben zu erledigen, sowie insbesondere, implizites Weltwissen zu erwerben (vgl. Winograd & Flores, 1986). Ähnliche Zielsetzungen verfolgt auch die Forschung zu artificial life.

Man kann die Entwicklung der cognitive science also gewissermassen als eine Bewegung weg von der deduktiven Modellierung aufgrund theoretischer Annahmen und aufgrund von first principles verstehen. Die Vorgabe fester kognitiver Struktur- und Regelhierarchien erwies sich als nicht adaptiv genug, um die oft proklamierte "Maschinenintelligenz" zu begründen. Die Eingrenzung des Modellierungszieles und die zunehmende Bedeutung realer empirischer Kontexte, an denen die eigentliche Modellierung in Form eines nicht a priori vorgegebenen subsymbolischen Lernens

stattfindet, ist eine Folgerung, die aus dem Scheitern der deduktiv orientierten Expertensysteme zu ziehen ist. Ein deutlicher Trend geht in die Richtung, Intelligenz sich in Auseinandersetzung mit einer realen Umwelt selbstorganisatorisch entwickeln zu lassen. Vorgegeben sind nicht die Inhalte und Strukturen, sondern nur die Randbedingungen für die Evolution von Struktur (Tschacher & Scheier (im Druck)).

Das gegebene Beispiel der Entwicklung in der cognitive science ist sicher in mehrerer Hinsicht lehrreich; insgesamt liefert es nach meiner Einschätzung Argumente für eine evolutionäre Erkenntnistheorie, in der Selbstorganisation eine zentrale Rolle spielt. Dies ist der Grundgedanke der "Prozessgestalten". Im Kontext der in diesem Kapitel behandelten Frage der Modellierung von psychologischen Sachverhalten weist das Beispiel darauf hin, dass zunächst die induktive, falsifikatorische Erkundung von empirischer Dynamik erfolgen muss, bevor die Hoffnung auf akzeptable Modelle und Simulationen psychologischer Teilgebiete realistisch ist. Für die in Kapitel 8 in dieser Arbeit vorliegende Sammlung von Studien habe ich mich deshalb weitgehend auf den Ansatz der induktiven Modellierung beschränkt.

Kapitel 4

Die Entwicklung des Gestaltbegriffs

In diesem Kapitel werde ich in die psychologische Diskussion um den Gestaltbegriff einführen, die im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts vor allem im deutschsprachigen Europa geführt wurde. Ich möchte zeigen, dass die Gestaltpsychologie, vor allem die der Berliner Schule um Max Wertheimer, Wolfgang Köhler, Kurt Koffka und Kurt Lewin, wesentliche Züge einer systemtheoretischen Konzeptualisierung aufweist, wie sie heute im Rahmen der Theorie dynamischer Systeme wieder diskutiert wird.

Die Entwicklung der Psychologie scheint in Wellen zu verlaufen; in allgemeinsten Kennzeichnung kann man psychologische Theorien und Entwürfe in eher ganzheitliche oder eher atomistische aufteilen. Die einen Theorien schauen zuerst nach den grossen Zusammenhängen, den makroskopischen Mustern und Ordnungen, die andern suchen nach den kleinsten Elementen, deren Verknüpfung die Welt der Phänomene hervorbringen kann. Ich formuliere vorsichtig: Theorien sind *either* holistisch oder *either* reduktionistisch; offensichtlich handelt es sich ja um keine Kontradiktion, sondern um einen Unterschied in der Perspektive. Nicht ausgeschlossen ist prinzipiell auch, einen Gegenstand *sowohl* mikroskopisch als auch makroskopisch zu würdigen. Ein Phänomen kann sowohl in kleinste Elemente analysiert werden, als auch als ganzes in seinem Kontext beobachtet werden. Dieses Vorgehen ist charakteristisch für naturwissenschaftliche Selbstorganisationstheorien wie die Synergetik, die von einem hierarchischen Systemverständnis (Mikro-Makro-System) ausgehen. Diesem Konzept folgen auch Modellierungen im Bereich der Soziologie (Troitzsch, 1990; Saam, 1995).

Im Rückblick auf die historischen Verläufe findet sich bei der Bildung von psychologischen Begriffssystemen in der Regel aber eine Pointierung in Richtung *einer* der genannten Perspektiven: gültige Paradigmen (häufig im Falle paradigmatischer Wissenschaften) bzw. die Theoriekerne konkurrierender Schulen (im Falle der Psychologie) tendieren auf prägnante Formulierungen hin. Die eingeschlagene theoretische Richtung soll aber auch möglichst viele Aspekte des Gegenstands der Theorie erklären helfen. Das Bedürfnis nach theoretischer Sparsamkeit und Eindeutigkeit führt so zum Entweder-Oder des psychologischen Schulenstreits wie auch zu den oft künstlich wirkenden Abgrenzungen zwischen den psychotherapeutischen Schulen. Paslack (1991) gibt einen guten Einblick in die mit dem "Selbstorganisationspara-

digma" verknüpfte Wissenschaftsgeschichte.

Am Ende des 19. Jahrhunderts war die akademische Psychologie durch die klassische *assoziationistische Lehrmeinung* (die "Elementenpsychologie") geprägt: der Bewusstseinsinhalt besteht nach dieser Auffassung aus einer Summe miteinander assoziierter Elemente (etwa Empfindungen, Vorstellungen). Die Gesetze der Assoziation, die diese Elemente verknüpfen, weisen bis auf Konzepte von Aristoteles zurück: raum-zeitliche Kontiguität etwa führt zu einer verstärkten Verknüpfung von Elementen. Die philosophische Grundlegung dieser Tradition bestand in der (naturwissenschaftlich sehr erfolgreichen) Schule des englischen Empirismus (Hobbes, Locke, Hume, Berkeley) und der französischen Philosophie (Descartes). Das Psychische war nach herrschender dualistischer Auffassung als Widerspiegelung, ja Reduplikation der "realen" Aussenwelt auf einer kognitiven "Bühne" zu verstehen.

Wolfgang Metzger (1963, S. 48) beschreibt — als Gestaltpsychologe in kritischer Distanz dazu — den Grundsatz des Atomismus und der Summenhaftigkeit folgendermassen: "In allem Vielfältigen (Komplexen) sind das eigentlich Wirkliche die einzelnen einfachsten Bestandteile (die Elemente). Alle umfassenden Gebilde sind "Und-Summen" ihrer einfachsten Bestandteile." Die Elemente gingen nach atomistischer Vorstellung in die Aggregate "unverändert ein wie die Steinchen in ein Mosaik: Sie sind gegeneinander blind". Elemente erhielten deshalb im Verbund keine Eigenschaften, die sie isoliert nicht auch besässen; ebensowenig kämen Aggregaten andere Eigenschaften zu als diejenigen ihrer Elemente, allenfalls solche der Summierung oder Mischung.

Gegen eine solche philosophische Grundlegung der Psychologie, die den psychischen Apparat als einen passiven Spiegel der "elementaren" physischen Welt auffasst, regte sich bereits im 19. Jahrhundert zunehmend Widerspruch (genauer s. Herrmann, 1976). So betonte bereits Wilhelm Wundt auch die schöpferische Komponente der Apperzeption; das psychische Produkt sei mehr als die Summe der Teile, denn bei Verbindung mehrerer Sinnesempfindungen können neue Eigenschaften entstehen ("schöpferische Synthese"). Wundt unterschied ausserdem zwischen zwei Formen der Assoziation; neben der herkömmlichen "äusseren Assoziation" beruhte "innere Assoziation" auf logischen und sachlich-inhaltlichen Beziehungen und Ähnlichkeiten zwischen Elementen. Die Ursache für wahrgenommene Ähnlichkeit zweier Inhalte sei in den ihnen gemeinsamen Elementen zu suchen: hier verblieb Wundt im assoziationstheoretischen Rahmen.

Dem Physiker und Philosophen/Psychologen Ernst Mach kommt bei der Abwendung vom herkömmlichen atomistischen Denken in der Psychologie eine wichtige Rolle zu. Er untersuchte das Verhältnis des Physischen zum Psychischen und argumentierte für einen Monismus, dessen zentraler Begriff die "Empfindung" ist. Insgesamt gilt nach Mach das "Ökonomieprinzip", d.h. Sachverhalte entwickeln sich in einer Weise, die einem Zustand geringster Energiemenge (einem energetischen Gleichgewicht) entsprechen. Darin ist bereits ein Systembegriff impliziert: "Alle genau und klar erkannten Abhängigkeiten lassen sich (...) als gegenseitige Simultan-

beziehung ansehen" (Mach, 1886). Die wechselseitige Beziehung kann in Form einer mathematischen Funktion dargestellt werden. Der in der neueren Systemtheorie wichtige Begriff der Potentiallandschaft (Tschacher, 1990; s. Abschnitt 9.3.1) hat in Machs Konzepten bereits einen Vorläufer.

Diese und weitere Vorarbeiten bereiteten die Szene für einen ersten wesentlichen Schritt über den Assoziationismus hinaus: Christian v. Ehrenfels (1890) prägte den Gestaltbegriff explizit, als er die Frage, ob bestimmte "Vorstellungsgebilde" (wie etwa Melodien) auf der Assoziation von Elementen oder aber einer neuen Qualität beruhten, mit der Annahme von Gestaltqualitäten beantwortete. Diese Gestaltqualitäten charakterisieren die Eigenart der Melodie *zusätzlich* zu den summativen Eigenschaften. Überdauernde Gestaltqualitäten erklären die Invarianz von zusammengesetzten Gebilden gegen Transposition: Auch wenn sämtliche Töne bei Transposition in eine andere Tonart verändert werden, oder von unterschiedlichen Instrumenten gespielt werden, wird ja die Melodie sofort wiedererkannt. Den Elementen der Melodie (den Tönen) fehlt gänzlich, was der Melodie zukommt und was auch bei Transposition erhalten bleibt: der unverwechselbare Gesamteindruck der Melodie wie auch die musikalische Gestaltqualität des z.B. Fröhlichen, Feierlichen, Traurigen (Metzger, 1976). Nach v. Ehrenfels besteht also eine Melodie aus den Eigenschaften der Elemente *plus* ihren Gestaltqualitäten. Eine Melodie ist daher "übersummativ".

In der Folge verlagerte sich die Diskussion zunächst darauf, ob Gestaltqualitäten nicht doch noch assoziationistisch erklärt werden könnten, wie bei Wundt angedeutet. Wenn sie schon nicht als Summe von elementaren Eigenschaften deklariert werden können, so doch vielleicht als Summe der Relationen zwischen Elementen. Die Gestalteigenschaften wären somit nur vermittelte, sekundäre Merkmale eines Sachverhalts, also nicht unmittelbar in der Wahrnehmung vorfindlich. Das Ganze ist — soviel wäre eingeräumt — insofern *mehr* als die Summe der Teile, als noch eine oder mehrere Ganzeigenschaften (additiv) hinzukommen, die bei der Verarbeitung der Elemente produziert werden. Diese "Produktionsthese" wurde von v. Meinong, Anschütz, Lipps, Benussi und anderen vertreten, z.T. auch von Karl Bühler (Herrmann, 1976).

Die *Berliner Gestaltsschule* findet nun in dieser Diskussion zu einer einheitlichen Formulierung. Den Anfang setzte Max Wertheimer in seiner experimentellen Arbeit über das Sehen von Bewegungen (1912). Anhand einer Anordnung von benachbarten Lichtquellen demonstrierte er das Phänomen der stroboskopischen Scheinbewegung. Leuchten die Lampen A und B gleichzeitig auf, erscheinen sie als Paar; leuchten sie unmittelbar nacheinander, wird dagegen eine Bewegung wahrgenommen. In der zweiten Bedingung nimmt man also nicht die Lampen A und B plus eine irgendwie geartete Gestaltqualität wahr, sondern allein die Bewegung eines Punktes von A nach B. Hier zeigt sich ein Phänomen, bei dem das Ganze nicht einfach "mehr als die Summe seiner Teile" ist, sondern etwas qualitativ anderes. Ausgehend von Machs Vorstellungen, postulierte Wertheimer einen dem ganzheitlichen Wahrnehmungserlebnis analogen physiologischen Prozess im Sinne einer gegenseitigen Simultanbeziehung der aufeinanderfolgenden retinalen Erregungen.

Wolfgang Köhler (1920) versuchte, den Geltungsbereich des Gestaltphänomens auf die "physischen Gestalten" zu erweitern. Er meinte ebenfalls, dass Gestalten keineswegs nur in der Wahrnehmung oder durch "höhere Verarbeitungsschritte" produziert werden; Gestalten seien auch in der physikalischen Welt vorfindlich. Kernstück dieser allgemeinen Gestalttheorie ist damit die Annahme eines Isomorphismus in allen Phänomenbereichen, der der (in nuce positivistischen) Machschen Vorstellung von einer "Gesamtwissenschaft" entspricht. Es ist deutlich, wie nahe der Standpunkt Köhlers dem heutigen systemtheoretischen und synergetischen Denken ist (Kruse et al., 1992). Allein die physikalischen Systeme, die Köhler (1940) unter dem Gestaltgesichtspunkt betrachtete (elektromagnetische und elektrostatische Felder), erscheinen heute als Beleg für die gestalthafte Ordnungsbildung in nichtbiologischen und nichtpsychologischen Systemen ungeeignet. Was Köhler suchte, wären ordnungserzeugende, selbstorganisierende dissipative Systeme gewesen (dazu mehr in Kapitel 5). In dieser Suche zumindest war er — als Psychologe und Physiker — der Physik seiner Zeit voraus (vgl. Hilgard & Bower, 1966, s. 263).

Eine Weiterentwicklung der Gestaltpsychologie erfolgte in anderer Richtung durch Kurt Lewin: mit der topologischen Psychologie begann er ein theoretisches Begriffssystem zu entwickeln, das alle Merkmale von Gestalten erfassen soll. Lewin wollte dabei "stets das Gesamtgebiet der Psychologie im Auge (...) behalten" und zugleich "in engstem Kontakt mit der konkreten Arbeit der psychologischen Forschung (...) stehen" (Lewin, 1936). Lewin lehnte sich eng an systemtheoretische Konzeptionen an, die er mit Begriffen der Mathematik (der Topologie und Geometrie) und der Physik (Dynamik und Feldtheorie) konzeptualisierte. Mit diesem theoretischen Ansatz erschloss er weite Bereiche der Psychologie dem gestaltpsychologischen und systemtheoretischen Ansatz: die Persönlichkeits- und Motivationspsychologie, die Sozialpsychologie und Gruppendynamik (Lewin, 1948; 1963), Organisationspsychologie und klinische Psychologie (Brunner, 1988). Die ökologische Psychologie wird durch Lewins Konzepte gewissermassen auf den Weg gebracht (Barker, 1968; Graumann, 1978; Kruse, 1990). Die moderne kognitive Psychologie, soweit sie sich auf Begriffe der kognitiven Repräsentation (Tolman, 1948) und auf Kräfte bezieht, ist ebenfalls bereits bei Lewin angelegt (Kuhl, 1983; Heckhausen, 1989).

Der zentrale Begriff in diesem umfassenden Forschungsprogramm ist der des psychologischen *Lebensraums*. Darunter versteht Lewin den Gesamtbereich dessen, was ein Individuum in einem gegebenen Zeitmoment bestimmt:

$$V = f(P, U) . \quad (IV.1)$$

Das Verhalten V ist eine Funktion der Person P und ihrer Umwelt U . Letztere Variablenbündel der Person und Umwelt spannen den Lebensraum auf, d.h. machen die psychologisch repräsentierte Gesamtsituation aus, in der sich ein Individuum verhält. Lewin stimmt mit Koffka (1935) darin überein, dass zu den Einflussgrößen P und U auch im Moment nicht aufmerksam wahrgenommene, unbewusste Varia-

blen gehören, wie etwa die soziale Atmosphäre, in der ein Verhalten stattfindet: "Wirklich ist, was wirkt" (Lewin, 1936).

Die Gebilde im Lebensraum können in quasi-physikalische, quasi-soziale und quasi-begriffliche klassifiziert werden. Dies ist aber lediglich als Herkunftsunterscheidung zu verstehen, da sie gleichermassen im Lebensraum als psychologische Fakten repräsentiert sind (daher z.B. *quasi-sozial*). Psychologische Fakten werden bei Lewin als topologische Konzepte abgebildet: "Lösen einer mathematischen Aufgabe" (quasi-begrifflich), "Besteigen eines Berges" (quasi-physikalisch) und "Leiten einer Arbeitsgruppe" (quasi-sozial) können in psychologisch gleichgestalteter Weise in einem Lebensraum vorhanden sein. Alle drei werden bei Lewin als Regionen mit positiver Valenz darstellbar, auf die hin Lokomotionen stattfinden; den Lokomotionen können sich Barrieren entgegenstellen, Wege können durch Regionen unterschiedlicher Qualität erfolgen etc. Ein Glossar mit den Definitionen der Begriffe der topologischen Psychologie (unterschieden in mathematische, psychologische und dynamische Begriffe) findet sich in der deutschen Ausgabe der "topologischen Psychologie" (Lewin, 1969).

Der Lebensraum ist insofern ein "Feld" im Sinne der Gestaltpsychologie, als die in ihm enthaltenen Variablen (topologisch: Bereiche oder Regionen) dynamisch sind, d.h. verhaltensrelevante Kräfte ausüben. Lewin betont das Prinzip der "Gegenwärtigkeit" bei seiner Systemauffassung: nur gleichzeitig im Feld vorhandene Kräfte haben eine Auswirkung, und sind deshalb im Lebensraum vorhanden. Allerdings können Zukünftiges (z.B. Ziele) und Vergangenes insofern kausal wirken, als sie eine gegenwärtige Repräsentation im Lebensraum finden (vgl. v. Cranach et al., 1980).

Hinsichtlich der Isomorphie zwischen der physiologischen und psychologischen Beschreibungsebene nimmt Lewin eine gegenüber Köhler modifizierte Position ein. Es werde durch physiologische Modelle (etwa Köhlers Hirnfelder) ein höherer Realitätsgrad nur vorgetäuscht; es genüge aber die psychologische Analyse des Lebensraums, dessen Struktur und Dynamik den postulierten Hirnfeldern mathematisch äquivalent sei.

Im folgenden möchte ich den Stand der Gestaltpsychologie Berliner Prägung durch die Diskussion ihrer Kernbegriffe umreißen (Herrmann, 1976; Metzger, 1963, 1976; Bischof, 1990).

4.1 Freie Ordnung

Das zentrale Anliegen der Gestaltpsychologie war es, Phänomene der Ordnung und Ordnungsbildung zu thematisieren und zu erklären. Die herkömmliche Vorstellung zu dieser Frage war (und ist?), dass Ordnung stets auf eine ordnende Instanz verweist, die die Ordnung erzwingt: sei es eine Struktur, die einem Sachverhalt seine Form aufzwingt, seien es "festverdrahtete" nervöse Bahnen, sei es ein entelechiales Prinzip. Tatsächlich war es in einem vom (überverallgemeinerten) zweiten thermodynamischen Hauptsatz geprägten Naturverständnis her schwer vorstellbar, dass

Ordnung gegen den Entropiezuwachs auch nur Bestand haben könne, ohne dass eine äussere Zwangsordnung dem "natürlichen" Ordnungsverlust Widerstand bot (Köhler, 1932).

Im Kern jeder Formulierung einer Gestalttheorie steht demgegenüber das Axiom, dass eine "freie Ordnung" sich ausbilden kann durch den wechselseitigen Bezug von Elementen in einem Feld.

Die zahlreichen Debatten, die die Gestalttheorie in der Psychologie initiierte, drehten sich daher häufig um (oft implizite) "Zwangsordner", die die gegnerischen Theorien hypostasierten, und die durch die Gestaltpsychologen identifiziert und für überflüssig erklärt wurden. Die Gestalttheorie erwies sich darin als entschiedene Gegnerin psychologischer "Dämonen" und "Homunkuli". Sie sah sich als Vertreterin einer streng wissenschaftlichen Position. Es ist eine Ironie der Psychologiegeschichte, dass die behavioristischen Gegner der Gestalttheorie, die die exakte Wissenschaftlichkeit ebenso für sich in Anspruch nahmen, sich wenig daran störten, wenn Theorien einen Dämon benötigten (Epstein, 1988).

Aus diesem Grund wurden die schon erwähnten Produktionstheorien (v. Meinong, Benussi) abgelehnt, die von einer auf höherer kognitiver Stufe angesiedelten Produktion von Gestaltqualitäten ausgingen. Der Vitalismus und Neo-Vitalismus (Driesch, 1925) wurde wegen der Annahme eines unhinterfragbaren entelechialen Lebensprinzips kritisiert. Die psychologischen Aufmerksamkeitstheorien dieser Zeit (Petermann) nahmen ein festes neuronales Leitungssystem mit einem es kontrollierenden psychischen Prinzip (der Aufmerksamkeit) an: die Gestaltpsychologie verwies dagegen auf die unmittelbare Gegebenheit des Gestalteindrucks, die den kognitiven Dämon nicht benötige. In der Psychophysiologie wandten sich Gestalttheoretiker gegen die Lokalisierungshypothese, also die Annahme einer morphologischen Ordnung, die die Verarbeitung steuere: Nach dem "Feldprinzip" war die neuronale Struktur aber nur das Medium, in dem sich energetische Gleichgewichtslagen ausbildeten (Goldstein, Pribram, Köhler). In Abhebung von der Reflexologie schliesslich wurde zugleich die zentrale Verarbeitung auch nicht als durch externe Stimuli erzwungen angesehen, sondern Stimuli galten nur als Anlässe für felddynamische Prozesse im Gehirn. Köhler (1947) setzte aus den gleichen Gründen die dynamische Feldtheorie der Maschinentheorie gegenüber — was man post hoc als eine zutreffende Prognose des Ganges der künstlichen Intelligenz-Forschung werten kann (s. Abschnitt 3.3.2).

4.2 Stabilität, Invarianz und Varianz

Ein grosser Teil der unmittelbaren Plausibilität der Gestaltpsychologie bestand stets darin, dass sie mit konkreten und überzeugenden Darstellungen veranschaulichen konnte, was es mit der gemeinten Ordnung durch Gestalten auf sich hatte. Der phänomenologische und wahrnehmungspsychologische Zugang war deshalb auch entscheidend in der Argumentation der Berliner Schule (mit Ausnahme Lewins).

a) Zu den historisch zuerst diskutierten Phänomenen gehört, dass Gestalten **invariant gegen Transpositionen** sind. Damit ist gemeint: Auch wenn alle Elementeneigenschaften eines Reizarrays verändert sind, wird eine Melodie oder eine Figur wiedererkannt und als "gleich" wahrgenommen (s. Abb 4.1).

In einer Melodie kann die Tonart, Tonhöhe, Instrumentierung, Rhythmik variiert werden, ohne dass der Charakter der Melodie verloren geht. Ein optisches Gefüge ist etwa invariant gegen Grösse, Ort und Farbe. Ein Persönlichkeitszug eines Individuums kann in Bewegung, Habitus, Mimik, Sprache etc. (d.h. in verschiedenen Modalitäten und Ausdrucksformen) zum Ausdruck kommen: auch die Gestalteeigenschaft des "Wesens" (Metzger, 1963) ist also transponierbar.

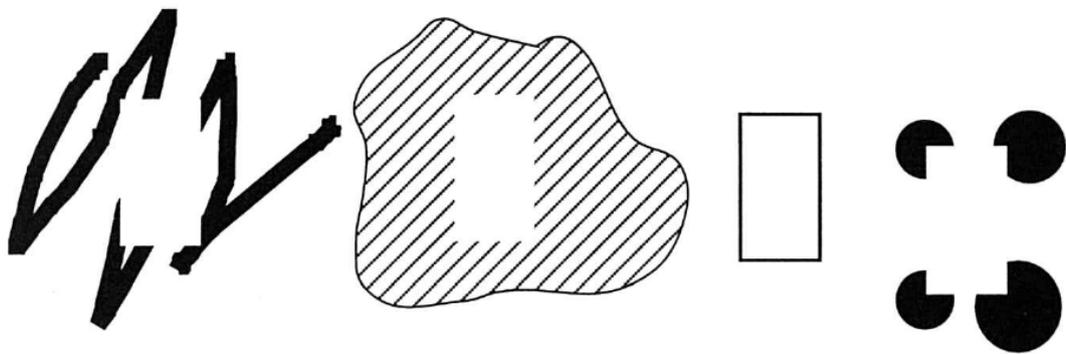


Abb 4.1. Beispiel für Transpositionen eines aufrechtstehenden Rechtecks

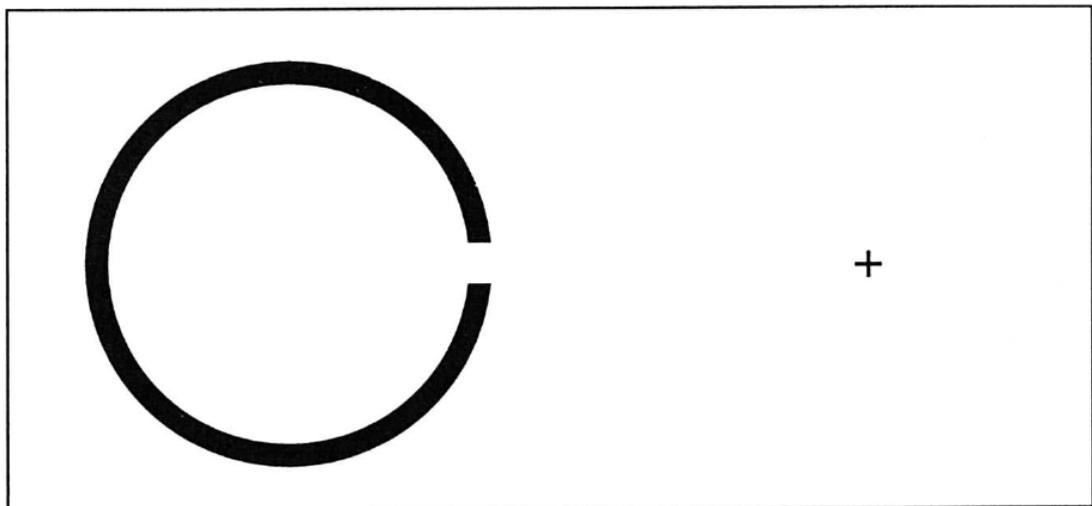


Abb 4.2. Beispiel für Stabilität als Ergänzung der Lücke im Ring: mit dem linken Auge das "+" fixieren (das rechte Auge muss abgedeckt sein) und die Entfernung zum Papier variieren; sobald die Lücke auf den blinden Fleck des Auges projiziert wird, schliesst sich der Ring. Wenn man jedoch das linke Auge abdeckt und die Lücke fixiert, *verschwindet* das "+"

b) In der Invarianz von Gestalten gegen Transposition und gegen lokale Störungen und Abweichungen drückt sich **Stabilität**, als homöostatische Eigenschaft eines Sy-

stems, aus. Beispielsweise wird ein Winkel von 87 Grad noch als ein "rechter Winkel" wahrgenommen. Nicht ausgezogene Figuren werden im Sinne der prägnantesten Variante ergänzt. Das Sehfeld wird über dem blinden Fleck unbewusst ständig "ergänzt" (was für gestaltpsychologische Wahrnehmungsexperimente genutzt werden kann: Kanizsa & Luccio, 1990). Abb. 4.2 gibt hierfür ein Beispiel.

c) In einem scheinbaren Widerspruch zur Invarianz gegen Transposition steht die u.U. **sensible Varianz von Gestalten** gegenüber einer "lokalen" Veränderung von Teilen. In multistabilen Bildern (s. Abb. 4.3) lässt sich dies besonders gut demonstrieren: eine kleine Veränderung führt plötzlich zur Wahrnehmung der anderen "möglichen" Gestalt. Lewin (1969, S.225) benutzt die Varianz von Gestalten sogar ausdrücklich zur Definition, indem er formuliert: "Gestalt: Ein System, dessen Teile dynamisch so zusammenhängen, dass der Wandel eines Teils zu einem Wandel aller anderen Teile führt."

Chaos

Chaos

Chaos

Order

Abb. 4.3. Die Gestalt "order" des Schriftzugs ist bei Veränderung der Teile zunächst invariant (stabil), um dann plötzlich in eine völlig neue Gestalt "chaos" umzukippen (Instabilität)

In der Varianz und Invarianz von Gestalten lässt sich besonders gut die Nähe der bereits vor einem Jahrhundert diskutierten Gestaltphänomene zur heutigen systemtheoretischen Forschung zeigen. Wenn man die Bildfolgen wie in Abb. 4.3 in unterschiedlicher Richtung durchläuft, findet der Sprung von der einen zur andern Gestaltwahrnehmung an verschiedenen Orten der Bildfolge statt — also nicht in der Mitte einer gut austarierten Bildfolge, sondern je nach Durchlaufsrichtung zeitlich nach der Mitte. Dies liegt an der Stabilität der *zuerst* wahrgenommenen Gestalt. Der Sprung in die je zweite Gestalt erfolgt dann rasch, bei einer kleinen weiteren Änderung (Varianz). Dieses Phänomen heisst Hysterese; es ist ein klassisches nichtlineares Phänomen, das in vielen Systemen (nicht nur psychologischen) an sog.

Phasenübergängen auftritt (Haken, 1990; in der Psychophysik: Eisler & Ottander, 1963). Hysterese lässt sich als "Katastrophe" modellieren: die Singularität (Sprung) taucht an einer anderen Stelle auf, je nach der Richtung, mit der ein Weg über eine Verhaltensoberfläche durchlaufen wird (Guastello, 1995; Zeeman, 1976).

Das gleiche Phänomen finden wir in der Unterscheidung von Figur und Grund (Rubin, 1921). Besonders solche Reizarrangements, die zwei ähnlich wahrscheinliche, aber komplementäre Lösungen für die Wahl von Figur und Grund ermöglichen, die also bistabil sind, wurden für die Diskussion von Stabilität und Instabilität von Gestalten herangezogen (s. Abb. 4.4).

Wenn eine Gestalt wahrgenommen wird, heisst das, dass sie sich von ihrer Umgebung konturiert abhebt. Es ist nicht leicht, allgemein zu sagen, welche Teile eines Wahrnehmungsfeldes als Gestalt (als primäres Wahrnehmungsobjekt) herausgehoben werden (Koffka, 1935) und welche Teile hierfür als Rahmen verbleiben. Oft sind es die kleineren und komplexeren Teile, die als Figur wahrgenommen werden. Sie haben eine grössere Energiedichte (Köhler, 1920), oder wie man heute eher formulieren würde, enthalten mehr (pragmatische) Information (v. Weizsäcker, 1974). Der Grund dagegen ist homogener, weniger artikuliert. Im Vorgriff auf den Prägnanz-Begriff kann man diejenige Figur-Grund-Unterscheidung als die wahrscheinlichste vorhersagen, die die einfachste und symmetrischste Organisation des Feldes nach sich zieht.

Die Figur-Grund-Unterscheidung hat neben der offensichtlichen Anwendung in der optischen und akustischen Wahrnehmung ("Cocktail-Party-Phänomen") auch Auswirkungen auf die Denkpsychologie (Wertheimer, 1945).

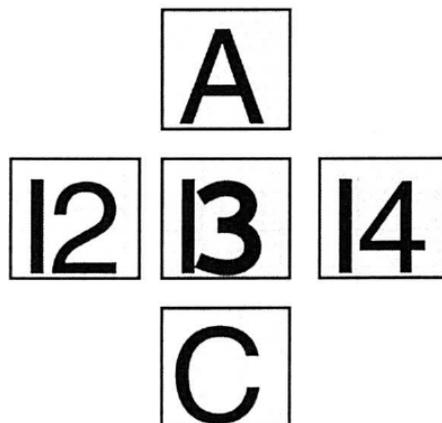


Abb. 4.4. Das Symbol im inneren Feld kann als "13" oder als "B" gelesen werden, je nach Leserichtung (waagrecht oder senkrecht)

4.3 Prägnanz

Das von Mach herrührende Ökonomieprinzip führte zu einer "energetischen" Sichtweise von Gestalten als Gleichgewichte in einer Energie- oder Potentialsenke

(Abb. 4.5). Der gestalttheoretische Begriff für diesen systemtheoretischen Aspekt ist die bereits erwähnte Prägnanz: es gibt eine aktive Tendenz des kognitiven Systems zur "Schliessung" von Gestalten, d.h. zur Optimierung ihrer Prägnanz in Richtung auf eine "gute Gestalt" (Abb. 4.6).

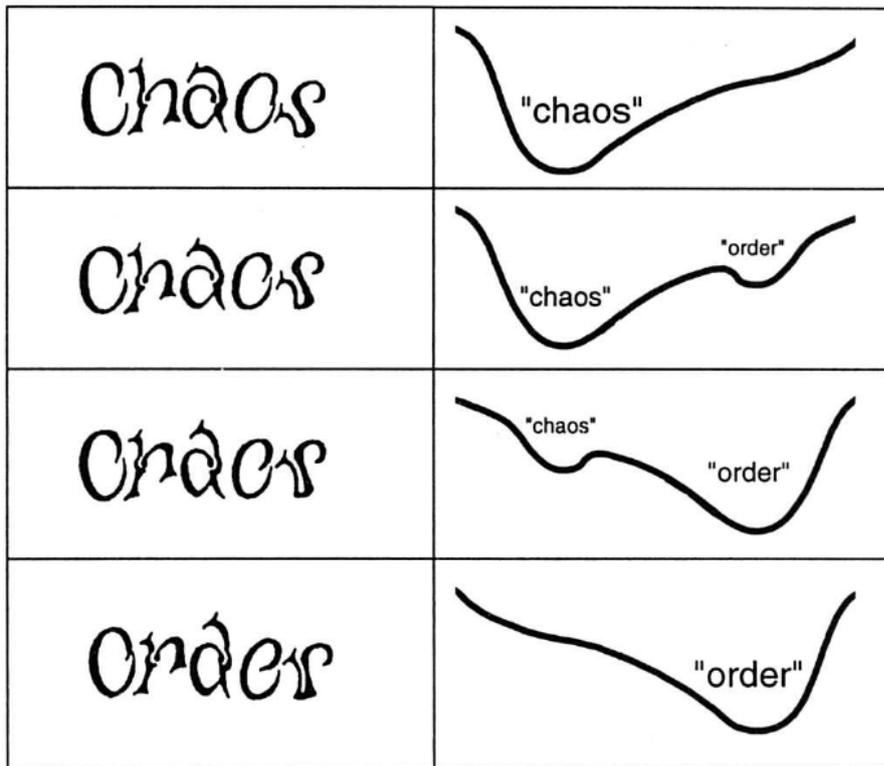


Abb. 4.5. Prägnanz als Potential: Bildabfolge zwischen zwei Gestalten ("order" und "chaos"), daneben zugehörige Potentialdarstellung

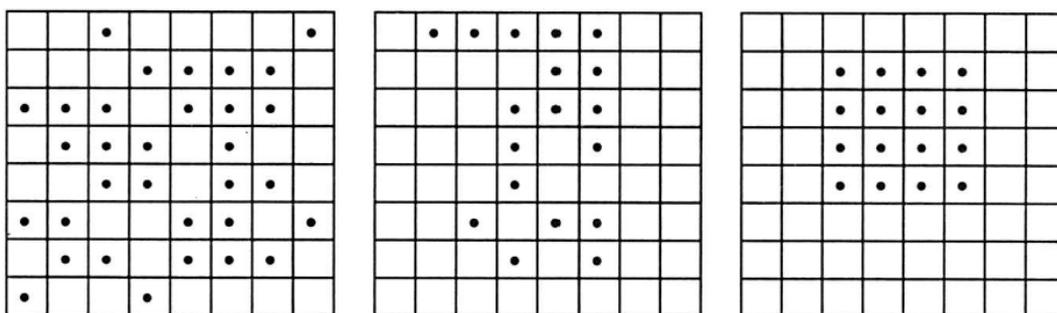


Abb. 4.6. Prägnanztendenz: eine zufällige Reizanordnung wird in Erinnerung und Verhalten zu einer guten Gestalt korrigiert (Bartlett-Szenario). Hier wurde ein ungeordnetes Ausgangsmuster durch 19 Versuchspersonen iterativ nachgezeichnet (nach Stadler & Kruse, 1990). Dargestellt sind die Ausgangsanordnung, die Anordnung nach 9 Durchgängen und die Anordnung am Ende

Die Prägnanztendenz (Wertheimer, 1922) hat motivationale und kognitiv-mnesti-

sche Folgen: sie erlaubt etwa die Erklärung des besseren Erinnerns von unerledigten Handlungen (Zeigarnik, 1927) im Vergleich zu abgeschlossenen Handlungen. Die Modifikation von Gedächtnisinhalten geht gleichfalls in Richtung auf energieminierte prägnante Versionen der ursprünglichen Inhalte (Koffka, 1935; v. Restorff, 1933; Kriz et al., 1992). Der Prägnanzbegriff fand durch Arnheim (1954) Eingang in die Kunstpsychologie. Die Dissonanztheorie (Festinger, 1964) und andere kognitive Theorien (Balance-Theorien wie in Heider, 1958) gehen von der motivationalen Wirkung der Prägnanz aus.

Eine Charakterisierung von Gestalten kann bezüglich mehrerer Dimensionen vorgenommen werden. Hier sind zunächst die Gestaltgesetze Wertheimers zu nennen, die die "Dominanz des Ganzen über die Teile" klassifizieren: etwa durch den Faktor der Nähe, der Gleichheit, des gemeinsamen Schicksals etc. Eine Aufzählung von 114 solcher Gesetze findet sich in Helson (1933). Neben der Gestaltgüte (d.h. der Prägnanz) lassen sich Gestalten weiterhin nach der Gestalthöhe (Komplexität der Gestalt, Anzahl der Teile) und der Gestalttiefe (Bedeutungshaftigkeit der Gestalt) einstufen (Wellek, 1950).

Herrmann (1976) bemerkt interessanterweise eine Wandlung in der Gestaltdiskussion zwischen 1890 und 1925, dem Zeitpunkt, zu dem die Berliner Schule ihre Theorie in wesentlichen Teilen ausformuliert hatte: aus einem zu erklärenden Phänomen "Gestalt" war ein explanans geworden. Gestalt, als ein System von gegenseitigen Wechselwirkungen gesehen, wurde zum allgemeinen systemtheoretischen Erklärungsprinzip für Phänomene der verschiedensten Domänen.

4.4 Isomorphismus

Das Isomorphismus-Konzept besagt, dass die Gestaltgesetze für physiologische und psychologische Gestalten gleichermaßen zutreffen. Köhler (1920) erweiterte den Geltungsbereich der Gestaltgesetze auf physikalische Zusammenhänge. Die Begründung für dieses Postulat der Gleichgestaltetheit ist wieder in der Auffassung zu suchen, die als systemtheoretisch bezeichnet wurde: Gestalten sind energetische Potentialminima, und als solche unabhängig vom Substrat definiert. Kennzeichnend sind allein die dynamischen Wechselbeziehungen der Teile in den Systemen. Die Berliner Gestaltsschule widerspricht damit der vitalistischen Auffassung, nach der der Bereich des Lebenden dem Wesen nach von materiellen Sachverhalten verschieden sei. Hierin liegt aber auch ein Unterschied zu holistischen Auffassungen, die die Interdependenz zwischen Teilen als unwesentlich ansehen, und stattdessen die vorwiegende oder alleinige Abhängigkeit des Teils vom Ganzen behaupten (im Extrem werden nur Ganzeigenschaften als real akzeptiert: Spann, 1924).

Eine Antwort auf den "Widersinn des Innen und Aussen" (Metzger, 1963) ist ebenfalls schon (als Monismus) bei Mach angelegt, für den Leib und Seele sich auf die Empfindungen reduzieren lassen. Der epistemologische Standpunkt der Gestalt-

psychologie ist dagegen weniger klar umrissen. Es gibt zwar weiterhin Anzeichen für einen Monismus, etwa indem physikalische und psychische Realität als Anfang und Ende einer nicht in sich zurücklaufenden Wirkungskette angesehen werden (Köhler, 1929; Metzger, 1963). Man findet dabei auch eine Tendenz hin zu einem Parallelismus der anschaulichen und der "korrelierten" psychophysischen Ebene, die durch Isomorphie (bei Metzger auch: Gestaltidentität, -verwandtschaft) gekoppelt sind. Die Suche nach einem der phänomenalen Gestalt der Wahrnehmung parallelen "Hirnfeld" brachte Köhler (1920; 1940) zu der Annahme, das für die Wahrnehmung wesentliche Gehirnkorrelat sei ein chemisches Feld aus Ionen verschiedener Konzentrationen, die durch die elektrische Aktivität der Neuronen erzeugt werden, nicht die Aktivität der Neuronen selbst. In diesem Elektrolyt-Feld finde sich der Figur-Grund-Kontrast (Regionen unterschiedlicher Konzentrationen) analog zu dem des Stimulusfeldes.

Die Isomorphieannahme legt nun aber zumindest einen *methodischen* Monismus nahe: dieselbe Methodologie für jede Wissenschaft. Lewin betont etwa bei verschiedenen Gelegenheiten, dass wissenschaftliches Vorgehen in der Sozialwissenschaft sich nicht prinzipiell von naturwissenschaftlichem unterscheidet (1936; 1947). Herrmann (1976) verweist hier auf die Entwicklungslinien, die über den Wiener Neopositivismus der Mach-Schüler Schlick und Carnap ("Einheitswissenschaft") zu Brunswik und schliesslich Tolman laufen, der einen ganzheitlich revidierten Behaviorismus vertrat (was in den zentralen Begriffen des *molar behavior* und der *cognitive map* zum Ausdruck kommt).

Gestaltpsychologen sahen kein Problem darin, den gesamten Methodenkanon von der phänomenologischen Betrachtung bis zum Experiment in der Psychologie einzusetzen: sie teilten keineswegs die Vorbehalte der Ganzheitspsychologen gegen die Objektivierung und Quantifizierung psychologischer Fragen. In immer neuen empirischen und experimentellen Untersuchungen gingen sie den Verästelungen der psychologischen Gestalttheorie nach (Metzger, 1963).

In seinen "Grundzügen der topologischen Psychologie" skizziert Lewin einen möglichen Weg, auch für die Psychologie von der aristotelischen ("spekulativen") zur galileischen ("konstruktiven") Theoriebildung zu gelangen (s. auch Lewin, 1931). Dabei seien die Person wie auch ihre Umwelt zu erfassen, und die Darstellung dieser "Lebensraum" benannten Totalität müsse den Einzelfall erfassen können, aber in einer Weise, dass das wirkliche psychische Geschehen daraus gesetzhaft abgeleitet werden kann. Lewin schlägt als Methode vor, Person und Umwelt in einen mathematischen Raum (eben den Lebensraum) hinein abzubilden, wofür er als Hilfsmittel die Topologie und die Mengenlehre aus der Mathematik heranzieht. Es geht prinzipiell um die Darstellung von Teil-Ganzes-Relationen; Teile des Lebensraums, die bezüglich einer Qualität zusammengefasst werden können, bilden einen "Bereich" (auch "Region" oder "Gebiet"). Zwischen Bereichen sind Wege möglich, entlang denen psychische Lokomotionen erfolgen können. Lokomotionen können direkt von Bereich A nach Bereich B führen, wenn A und B eine gemeinsame Grenze besitzen; sie können durch Grenzen (evtl. auch als Grenzzonen darzustellende weitere Bereiche C) verschiedener Widerständigkeit (z.B. Barrieren) verlaufen.

Die Ausgangsannahme Lewins ist also, dass im psychologischen Raum keine Metrik definiert ist. Das Skalenniveau, von dem Lewin ausgeht, ist somit das Nominalskalenniveau. Dennoch bleibt Lewin nicht bei der reinen Topologie stehen, sondern entwickelt seinen Ansatz durch dynamische (vektorpsychologische) Begriffe weiter, die eine Quantifizierung von manchen Zusammenhängen erlauben sollen, indem sie die Widerstände benennen helfen, die sich Lokomotionen entgegenstellen können.

Die auch bei Lewin deutliche Auffassung vom methodischen Monismus findet sich nicht von ungefähr im heutigen systemtheoretischen Wissenschaftsprogramm wieder, wie etwa der Selbstorganisationstheorie, die konstatiert, dass gewisse Phänomene ubiquitär auftreten (Haken & Wunderlin, 1991). Es ist das "isomorphistische" Credo der Theorie dynamischer Systeme, dass daher auch diesselben Analyse- und Modellierungsmittel mit Gewinn ubiquitär eingesetzt werden können.

Ich möchte die (meiner Ansicht nach prägnante) Sichtweise von einer allgemein einsetzbaren nichtlinearen Systemtheorie in Kapitel 5 weiter begründen, indem ich dort die Parallelen zwischen Gestalttheorie und Selbstorganisationstheorie beleuchte.

Kapitel 5

Selbstorganisation und Gestalt: Prozessgestalt

Das Schicksal der Gestaltpsychologie in den dreissiger Jahren des 20. Jahrhunderts wurde stark von den politischen Ereignissen bestimmt. Koffka war bereits 1928 nach den Vereinigten Staaten übergesiedelt; Wertheimer, Köhler, Lewin und viele andere Gestaltpsychologen traten ab 1933 den unfreiwilligen Weg aus dem faschistischen Deutschland ins (meist amerikanische) Exil an (Metzger, 1976). Die Gestaltpsychologie in Europa hörte praktisch auf zu existieren. In Amerika traf sie auf eine behavioristisch geprägte akademische Kultur und büsste viel von ihrem wissenschaftlichen Einfluss und ihrer Prägnanz als Ansatz ein. Eine kleine Vignette zeigt die Diskontinuität der Wissenschaftsgeschichte, die der Faschismus in Deutschland bewirkte, sehr deutlich: bis 1933 war Deutsch Pflichtfach für amerikanische Psychologiestudenten, nach 1945 wurde umgekehrt Englisch unverzichtbar für europäische Psychologen.

Der Kollaps der deutschsprachigen Psychologie war tiefgreifend, und mit ihr veränderte sich der Einfluss der Gestaltpsychologie als einer bedeutenden Schule in der internationalen Wissenschaftslandschaft. Kurt Koffka, Wolfgang Köhler und vor allen Kurt Lewin entfalteten aber auch in den USA eine erfolgreiche Lehr- und Forschungsaktivität, deren Einfluss sich mehreren psychologischen Subdisziplinen aufgeprägt hat.

Die Frage nach den Auswirkungen der Gestalttheorie auf die Nachkriegspsychologie ist daher unterschiedlich beantwortet worden. In den meisten Kommentaren zu diesem Thema findet sich die Meinung, der Gestaltansatz sei in wesentlichen Teilen mit dem Tod der "Triumvirats"-Persönlichkeiten (Max Wertheimer, Wolfgang Köhler, Kurt Koffka) untergegangen, und habe dem Behaviorismus das Feld überlassen müssen. Auch wird andererseits vertreten, die gestaltpsychologische Theorie sei im Mainstream der Psychologie aufgegangen und mit ihr untrennbar verschmolzen, so dass weiters keine Notwendigkeit bestanden habe, diese Theorie als eigene psychologische Schule zu bezeichnen (Hilgard & Bower, 1966; Ertel et al., 1975). Gegen diese letztere Auffassung einer geglückten, spurlosen Integration der Gestalttheorie spricht allerdings, dass seit der "kognitiven Wende" der sechziger Jahre und der zunehmenden systemtheoretischen Fundierung der Psychologie in den letzten Jahren die Gestalttheorie in der Psychologie immer wieder "neu erfunden" und neu entdeckt wird (Brunner, 1988; Epstein, 1988). Dabei findet sich meist kein Bezug auf die

ursprüngliche Begrifflichkeit (dagegen Kuhl, 1983).

Der Assoziationismus andererseits hat in vielen heutigen Theorien der Psychologie als eine Art natürlicher "Default-Theorie" überlebt, etwa in der Lern- und Verhaltenstheorie. Auch die kognitive Psychologie (so wie die "klassische AI") trägt in sich noch die assoziationalistische Tradition, die durch Konditionierungstheorien von Thorndike bis Skinner transportiert wurde.

Wenn man versuchen will, an die Positionen der Gestalttheorie anzuschliessen, stellt sich die Frage, ob man bei den inzwischen historischen (aber m.E. dennoch aktuellen) Positionen der Protagonisten der Berliner Schule ansetzt, oder aber bei den in der heutigen Psychologie noch auffindbaren Spätwirkungen. Ich habe mich in diesem Kapitel für die erste Option entschieden, um eine gewisse Kontinuität in der Evolution der Konzepte zu erlangen. Ich werde hier also versuchen, die Gestalttheorie mit der Theorie komplexer Systeme und der Synergetik in Verbindung zu bringen.

5.1 Parallelen zwischen Gestalttheorie und Selbstorganisationsansatz

Aus heutiger systemtheoretischer Sicht sind die Parallelen und Übereinstimmungen zwischen Gestaltqualitäten und den Eigenschaften selbstorganisierender Systeme frappierend:

- Der Nichtsummativität der Gestalt im Verhältnis zu ihren Teilen begegnen wir als Emergenz der Ordnungsparameter wieder, die nach massiven Symmetriebrüchen aus der Mikroebene hervorgehen. "Nichtsummativ" kann oft synonym durch das heutige "nichtlinear" ersetzt werden.
- Selbstorganisierte Muster weisen hohe Prägnanz auf; wo sie entstehen, heben sie sich als Figuren von einem stochastischen Grund ab. Viele der in der nicht-linearen Wissenschaft eingesetzten Methoden dienen eben diesem Zweck: sie fungieren als Mustererkenner, indem sie die Abhebung von z.B. deterministischem Chaos (Figur) von der Nullhypothese Zufall (Grund) ermöglichen (s. Abschnitt 8.2.1).
- Die Tendenz zur "guten Gestalt" findet sich in den Attraktoreigenschaften der entstehenden Muster als asymptotische Stabilität eines erreichten Ordnungszustandes.
- Schliesslich erweist es sich, dass ein zentrales gestaltpsychologisches Argument, die Entlarvung von Homunkuli in Theorien, mit modernen Selbstorganisationsansätzen explizit aufgegriffen werden kann: wenn schon in physikalischen (Prigogine, 1979) und biologischen Systemen (Brooks & Wiley, 1988) der zweite Hauptsatz der Thermodynamik nicht in der erwarteten Weise gilt, wird man auch und gerade in der Psychologie dem selbststrukturierenden Verhalten von Systemen mehr

Beachtung schenken dürfen. Solche Parallelen wurden von verschiedenen Autoren herausgestellt (Bischof, 1990; Haken & Stadler, 1990; Stadler & Kruse, 1990; Kriz, 1992). In den folgenden Kapiteln werden diese Übereinstimmungen genutzt, um die Begrifflichkeit der Prozessgestalten einzuführen.

5.2 Revisionen

Aus heutiger Sicht bleiben einige Punkte im theoretischen Gefüge der Gestaltpsychologie zu überdenken und meiner Ansicht nach zu revidieren.

So ist der *Isomorphismus* zwischen der psychologischen und der physiologischen Beschreibung nach derzeitigem wissenschaftlichen Erkenntnisstand nicht in der Weise gegeben, wie es Wertheimer und Köhler ursprünglich annahmen: nämlich in Form von isomorphen Feldern. Die Tatsache, dass das neuronale System im wesentlichen ein digitales System ist, das psychologisch-phänomenologische Wahrnehmungserleben jedoch ausgesprochen analogen Charakter hat, schien den Protagonisten der Gestalttheorie inkompatibel mit ihrer Annahme der Gleichgestaltetheit. Koffka (1935) beschreibt, wie das Entladungsverhalten der Neuronen als ein molekulares Phänomen als Korrelat der Gestaltwahrnehmung untauglich sei; er postulierte aus theoretischen Gründen Feldprozesse als molare physiologische Variable. Köhler (1920) und auch noch Metzger (1963) sehen das eigentlich relevante physiologische Substrat in den Feldern, die die lediglich als elektrische Leiter angesehenen Neuronen erzeugen. Diese Folgerung aus einem eng verstandenen Isomorphie-Axiom mutet heute abstrus an. Helson (1975) bezeichnet denn auch die physiologischen Theorien als die schwächste Seite der Gestaltpsychologie. Durch Köhlers Isomorphieprinzip koppelte sich die Gestaltpsychologie letztlich von den Fortschritten der Neurophysiologie ab (Bischof, 1995).

Wenn man dagegen auf die alte Version der Isomorphie-Annahme verzichtet, kann auf abstrakterem, formalem Niveau ein strenger Gestaltbegriff formuliert werden. Dieser bezeichnet die spontane Musterbildung in komplexen dissipativen Systemen: solche Phänomene sind, wie die moderne Selbstorganisationstheorie zeigt (Haken & Wunderlin, 1991; Nicolis & Prigogine, 1987), sehr weitgehend substratunabhängig (s. Kapitel 2). Psychologischer und physiologischer Phänomenbereich sind nur insofern isomorph, als in beiden Bereichen selbstorganisierte Prozesse ablaufen. Diese sind nicht an ein Feld im üblichen physikalischen Sinn gebunden. Sie können sowohl in bereits vorstrukturierten Systemen, wie digital arbeitenden Neuronennetzen, als auch in zunächst homogenen (symmetrischen) Medien, wie etwa Flüssigkeiten, auftreten.

Das führt zu einer grundlegenden ersten Definition, mit der die Begrifflichkeit der Gestaltpsychologie mit den modernen dynamischen Konzepten verknüpft werden kann:

Definition 5.1: Prozessgestalt ist ein makroskopischer Attraktor, der aus der Selbstorganisation eines komplexen dynamischen Systems resultiert.

Wie ist hier die Unmittelbarkeit der Wahrnehmung von Gestaltqualitäten des Reizarrays zu verstehen? Die Ansicht der Gestaltschule war stets die der "Vorfindlichkeit" der Gestalt; Gestalten sind nach Metzger (1963) Eigenschaften der Wirklichkeit, nicht Ergebnisse einer kognitiven "Produktion". (Metzger spricht allerdings von fünf verschiedenen Arten von Wirklichkeit: das "Problem des seelisch Wirklichen" nimmt in seinen Ausführungen breiten Raum ein).

Zur Abhebung vom ursprünglichen Gestaltbegriff verwende ich im folgenden den Begriff der **Prozessgestalt**, der betont, dass Gestalten sehr wohl intrinsische und spontane Ganzheitsqualitäten sind, diese "freie Ordnung" aber auf einer zugrundeliegenden Nichtgleichgewichtsdynamik beruht. Das kognitive System muss also die Gestaltqualitäten aus dem Reizarray in irgendeiner Weise in der Zeit extrahieren und repräsentieren.

Die klassische gestaltpsychologische Position der "unmittelbar vorfindlichen" ganzheitlichen Qualität klingt mir dagegen zu sehr nach einer nichthintergehbaren holistischen Wesensschau. Das ist angesichts der Erkenntnisse der nichtlinearen Dynamik sozusagen nicht mehr notwendig: es gilt in der Kognitionswissenschaft als gesichert, dass ein nicht-serieller Wahrnehmungsvorgang tatsächlich eine primäre Komponente in der "Reizverarbeitung" darstellt (Neisser, 1976; Marr, 1982; Rumelhart & McClelland, 1986). Komplexe Systeme im Gehirn (neuronale Netze) und in der Kognition (einem Teilbereich des KES) können sich in einem halbstabilen Zustand (Kelso, 1992; Haken, 1996) befinden, der es ihnen erlaubt, auf kleinste Parameterschwankungen der Umwelt fast augenblicklich mit einer selbstorganisierten Musterbildung (physiologischen und, darauf aufbauend, kognitiven Mustern) zu "reagieren". Die Gibsonsche ökologische Wahrnehmungstheorie kommt diesem Vorgang nahe, indem sie eine Art direkter *information pickup* aus der Reizumwelt annimmt (Gibson, 1979). Dennoch: auch dieser "schlagartige" Vorgang muss physiologisch in einer physikalischen Realität erfolgen, d.h. in einer messbaren Zeitspanne, als ein *Ordnungsprozess*.

Mit der Definition von Prozessgestalten kann die Konzeption Köhlers von "physischen Gestalten" der modernen naturwissenschaftlichen Dynamik angepasst werden. Die von Köhler herangezogenen Beispiele für physische Gestalten, wie Seifenblasen oder elektromagnetische Felder, sind nach meiner obigen Definition aber keine Prozessgestalten: sie sind thermodynamisch äquilibrierte, geschlossene Systeme im energetischen Gleichgewicht, d.h. sie sind nicht selbstorganisiert, nicht emergent. Die äussere Regelmässigkeit solcher Systeme ist im Gegenteil summativ, durch die Eigenschaften der Komponenten bestimmt. So verstandene "physische Gestalten" verfehlen nach meiner Auffassung also die Standards, die die Gestalttheorie selbst vorgegeben hat.

Der **Feldbegriff** der Gestalttheorie scheint mir deshalb ebenso, da auch vom phy-

sikalischen Sprachgebrauch her konnotiert, erneuerungsbedürftig. Will man an einem Feldbegriff festhalten, müsste man folgendermassen reformulieren:

Definition 5.2: Unter einem prozessgestalttheoretischen "Feld" ist die Gesamtheit der Bedingungen zu verstehen, die ein komplexes System in einem Zustand fern vom thermodynamischen Gleichgewicht halten. Diese Nichtgleichgewichtsbedingungen sind durch die "Kontrollparameter" des Systems bezeichnet.

Das Feld einer Prozessgestalt wird in der Synergetik und nichtlinearen Dynamik durch die Kontrollparameter beschrieben, die die Entfernung vom "flussfreien" Gleichgewicht kennzeichnen. Man beachte hier den inhaltlichen Bezug der Begriffe "Gleichgewicht" (equilibrium) und "Fluss" (flux)! Das System kann ein Gleichgewicht (Attraktor) ausbilden, obwohl (besser weil) es einer thermodynamischen *Nichtgleichgewichtsbedingung* unterworfen ist; das thermodynamische *Nichtgleichgewicht* bezieht sich auf das Verhältnis von System und Umwelt, also auf die Kontrollparameter bzw. das Feld des Systems. "Gleichgewicht" des Systems kann sich aber auch auf einen Attraktor im Phasenraum beziehen (s. Kapitel 3). Ebenso "Fluss": einerseits wird eine Differentialgleichung, die ein dynamisches System definiert, als Fluss (flow) bezeichnet (im Sinne von: der Fluss der Trajektorien im Phasenraum); andererseits stellt ein Fluss (flux) von Energie oder Materie durch die Grenzen des Systems eine *Nichtgleichgewichtsbedingung* dar. Letzteres werde ich deshalb als Flux bezeichnen.

Die Kontrollparameter, wie sie in den paradigmatischen Systemen der Synergetik und Prigogines Theorie dargestellt sind, sind dort sehr einfach und eindeutig beschreibbare Parameter: z.B. der Temperaturgradient in der die Bénard-Konvektion hervorbringenden Flüssigkeitsschicht oder die elektrische Spannung, die am Laser angelegt ist.

Die Umwelt eines kognitiv-emotionalen Systems (KES) oder psycho-sozialen Systems (PSS) kann nie in vergleichbar schlichter Weise beschrieben werden, sie ist in der Regel ebenso komplex wie das System. Das Feld dieser Systeme soll damit durch den Lewinschen Begriff des Lebensraums erläutert werden.

Definition 5.3: Der Lebensraum eines Individuums ist ein komplexes kognitiv-emotionales System (KES).

Definition 5.4: Das Feld eines KES sind die im Lebensraum vorhandenen motivationalen und informationalen Fluxe: die Valenzen. Die Valenzen sind die Kontrollparameter eines KES.

Diese Neudefinition des Lebensraumskonzepts erschliesst der Psychologie die Methoden und mathematischen Mittel der TDS (Abarbanel et al., 1993), wie sie in

Abschnitt 3.2 eingeführt wurden. Formel (IV.1), Lewins Gleichung für den Lebensraum $V = f(P, U)$, kann in dem neuen Kontext der Prozessgestalten daher als erstes dynamisch und rekursiv reformuliert werden. In Form eines Differentialgleichungssystems ausgedrückt, finden wir damit:

$$\frac{dP}{dt} = f_1(P, U, \nabla) + \varepsilon_t \quad (\text{V.1})$$

$$\frac{dU}{dt} = f_2(P, U, \nabla) + \varepsilon_t \quad (\text{V.2})$$

Lewins Konzept von Verhalten (als eine Funktion von Person und Umwelt) wird hier also als Ableitung (Differentialquotient in der Zeit) der Person und der von ihr perzipierten Umwelt angesehen: $V = \frac{d(P, U)}{dt}$. P bezeichnet den Zustand der Person in einem m -dimensionalen Phasenraum. Um P vollständig zu kennzeichnen, sind sehr viele Variablen zu bestimmen: Der Lebensraum Lewins $\{P, U\}$ ist ein komplexes KES. ∇ ist ein Operator für partielle Ableitungen (Inhomogenitäten im Lebensraum), ε_t bezeichnet Zufallsschwankungen. Die Umformulierung von (IV.1) als Differentialgleichungssystem bedeutet, dass Lewins (problematisches) "Prinzip der Gegengewärtigkeit" (1936, 1969) in eine zeitliche Abfolge überführt wird. Übrigens beschreibt Gleichung (V.1), in Piagetscher Terminologie ausgedrückt, den Vorgang der Akkomodation, (V.2) den der Assimilation.

Wenn wir hier einfachheitshalber annehmen, dass in einem gewissen Zeitintervall Δt (dem psychologischen Jetzt) nur wenige Komponenten n der Umwelt wirksam sein werden (etwa $n = 7 \pm 2$ nach Miller, 1956), und diese in Δt zusätzlich als konstant angenommen werden können, so betrachten wir Verhalten nur als Akkomodation an die Umwelt. Unter dieser Voraussetzung vereinfacht sich Gleichung (V.2) zu einer Menge von Kontrollparametern (Valenzen) μ . Aus dem Gleichungssystem (V.1),(V.2) entsteht damit eine einfachere DGL:

$$\frac{dP}{dt} = f_\mu(P, \nabla) + \varepsilon_t \quad (\text{V.3})$$

(V.3) kann wie in Kapitel 3 einer linearen Stabilitätsanalyse unterzogen werden (z.B. Haken, 1988a, S. 46f; Haken & Wunderlin, 1991, S. 219ff). Dabei betrachtet man die Lösungen der Gleichung, wenn zu einem Zustand der Person P_0 , die eine Lösung von (V.3) unter einer festen Einstellung der Kontrollparameter μ_0 bedeutet, eine kleine Auslenkung oder Verstörung der Person ∂P hinzukommt. Die Stabilität der Lösung wird unter realistischen Bedingungen ständig durch den Zufallsprozess ε_t "ausgetestet". Gesucht ist also die Lösung für $\frac{d(P_0 + \partial P)}{dt}$. Diese lautet:

$$\frac{d(P_0)}{dt} + \frac{d(\partial P)}{dt} = f_\mu(P_0 + \partial P, \nabla) \quad (\text{V.4})$$

Die rechte Seite von (V.4) kann in eine Potenzreihe (Taylor-Reihe) in ∂P expandiert werden: $f_\mu(P_0, \nabla) + l_\mu(P_0, \nabla)\partial P + l_\mu(P_0, \nabla)(\partial P)^2 + \dots$. Das erste Glied ist identisch mit dem ersten Term auf der linken Seite von (V.4) und hebt sich damit heraus. Die quadratischen und höheren Potenzen können vernachlässigt werden, wenn man die Verstörung ∂P als sehr klein annimmt. Es bleibt damit eine lösbare linearisierte Gleichung

$$\frac{d(\partial P)}{dt} = l_\mu(P_0, \nabla)\partial P, \quad (\text{V.5})$$

deren Eigenwerte λ_i bestimmt werden können (vgl. Abschnitt 3.2.1). Die Eigenwerte charakterisieren die Stabilität des Zustands P_0 der Person.

Ich setzte voraus, dass P_0 ein komplexer, d.h. sehr hochdimensionaler Zustand sei (KES sind komplexe psychologische Systeme). Entsprechend hoch wäre die Zahl der λ_i . Mit der mathematischen Formulierung des Versklavungsprinzips lässt sich nun herleiten, dass sich diese Zahl unter bestimmten Umständen stark reduziert, wenn in einem kritischen Bereich der Kontrollparameter (Valenzen) μ eine oder einige wenige instabile Variablen P_{val} alle anderen Variablen an sich koppeln. Dies ist das Phänomen der Selbstorganisation, das meiner Ansicht nach auch den Lebensraum einer Person prozessgestaltlich strukturiert. Ein analoges Vorgehen ist möglich, um das Gleichungssystem (V.1),(V.2) im Sinne der Assimilation umzuformen.

Ich möchte hier noch auf eine mögliche Komplikation verweisen: der stochastische Anteil wurde in den Ausgangsgleichungen für den Lebensraum (V.1),(V.2) als additiver Term aufgefasst. Dies entspricht einer "harmlosen" Zufallskomponente (observational noise); der stochastische Term könnte durchaus aber auch an anderer Stelle virulent werden, z.B. als "dynamical noise" auf die Valenzen einwirken. Das Resultat dessen ist dann in Fallunterscheidungen zu untersuchen; u.U. entsteht eine nichtstationäre oder ganz stochastische Dynamik. Solches Verhalten wird in späteren Abschnitten in Zusammenhang mit der Endoperspektive zu diskutieren sein.

Entsprechend zu Definition 5.4 soll für die psychosozialen Systeme und Therapie-systeme gelten:

Definition 5.5: Das "Feld" eines PSS sind die im gemeinsamen Lebensraum vorhandenen motivationalen und informationalen Fluxe: die Ensemble-Valenzen.

Ausgehend von diesen Begriffsbestimmungen kann der gestalttheoretische **Prägnanzbegriff** als Kennzeichnung für eine Prozessgestalt gesehen werden. Am prägnantesten ist diejenige Prozessgestalt im (gemeinsamen) Lebensraum, die die Valenzen am besten abzubauen verspricht.

Ich will diese Begrifflichkeit als Analogie am paradigmatischen Bénard-System darstellen (der von unten erhitzten Flüssigkeitsschicht von Abb. 1.4: z.B. Haken &

Wunderlin, 1991). Dasjenige Konvektionsmuster ist hier das prägnanteste, das den besten Energiedurchsatz durch die Flüssigkeit zulässt. Das Muster selbst ist eine Prozessgestalt. Das "Feld" wird durch den Temperaturgradienten aufgebaut. Die Gestalt "versucht", das "Feld zu entspannen". Abarbanel et al. (1993) diskutieren zu diesem Zusammenhang das in der Chaostheorie bekannte Lorenzsystem (Lorenz, 1963), ein System aus drei gekoppelten einfachen Differentialgleichungen mit einer Nichtlinearität. Das Lorenzsystem ist ein Modell für die Konvektionsströmungen in der Atmosphäre und produziert in gewissen Bereichen seines Kontrollparameters r deterministisches Chaos. r stellt das Ausmass des externen thermalen Antreibens (driving) des komplexen Systems Atmosphäre dar. Das Lorenzsystem kann ebenso für die hierzu analoge Modellierung von Bénard-Zellen genutzt werden (Kratky, 1992). Der Kontrollparameter r bezieht sich dann auf die der Flüssigkeitsschicht aufgezwungene Temperaturdifferenz, die das System vom thermodynamischen Gleichgewicht entfernt. Wenn nun die Stärke des Energieflusses (die Höhe der Temperaturdifferenz) zunimmt, und die Flüssigkeitsschicht damit zunehmend thermisch "angetrieben" wird, verändert sich die qualitative Gestalt des Attraktors im Phasenraum. Das im momentanen Zusammenhang wichtige Phänomen ist, dass das System stets solche Konfigurationen "wählt", die *am besten geeignet* sind, die zugeführte Energie zu transportieren.

Diese Kennzeichnung trägt alle Zeichen einer finalen Kausalität bzw. Intentionalität, als ob es das Ziel eines selbstorganisierten Systems sei, das angelegte Nichtgleichgewichtsfeld zu "entspannen". Das ist keinesfalls beabsichtigt — es ist keine teleologische "Absicht" in solchen Systemen nötig (im Sinne eines Dämons oder Homunkulus). Zur Klärung ist es sinnvoll, einen evolutionären Standpunkt einzunehmen: Prozessgestalten werden aus vielen möglichen konkurrierenden Gestalten selektiert. Die mikroskopische Ebene des Systems, das die Prozessgestalt realisiert, bietet eine hohe Anzahl von Freiheitsgraden an, die als mikroskopische Fluktuationen vorliegen. Die schliesslich tatsächlich erreichte Kombination der Elemente, die makroskopischen Ordnungsparameter, bedeutet deshalb eine Auslese aus überabzählbar vielen prinzipiell möglichen Kombinationen — was also wie finale Kausalität erscheint, ist vielmehr ein Selektionsvorgang.

Definition 5.6: Prägnanz bezeichnet die Optimierung einer Prozessgestalt hinsichtlich ihrer Fähigkeit, die Valenzen (d.h. die Fluxes im Feld) abzubauen. Diese Optimierung ist ein evolutionärer Selektionsprozess.

Das KES versucht gewissermassen, die Ordnung der Welt durch Gestaltbildung zu modellieren; hier stossen wir also wieder auf die in Kapitel 3 beschriebene (und favorisierte) Erkenntnisform der induktiven Modellierung. Um ein Argument der evolutionären Erkenntnistheorie (Lorenz, 1973) heranzuziehen: Gestaltwahrnehmung gibt es nur, weil es natürliche Ordnung gibt. Unsere Wahrnehmung der Welt entstand

phylogenetisch in aktiver Auseinandersetzung mit dieser Welt. Deshalb sind in den Wahrnehmungsapparat a priori Hypothesen eingebaut, die phänomenologische Konsequenzen haben (siehe verschiedene Wahrnehmungs"täuschungen", besser: automatische Kausalattributionen, wie etwa das Tunnelphänomen oder die Kausalitätswahrnehmung nach Michotte). Insofern ist Wahrnehmung zugleich auch ein hypothesengeleitetes Unternehmen (Konstruktion, deduktive Modellierung). Anhand von Kippfiguren kann gezeigt werden, wie die Wahrnehmung zwischen verschiedenen möglichen Gestaltinterpretationen (deduktiv), die durch das distale Objekt nahegelegt werden (induktiv) hin und her oszilliert. Dieses "hypothetiko-deduktive Schwanken" ist in mehrdeutigen und ambivalenten Situationen die beste Strategie für die (u.U. präkäre) Zeit, die verstreicht, bis neue Information die Prägnanzen eventuell verändert (vgl. das Konzept des perception-action cycle bei Neisser, 1976).

Zusammenfassend gesagt: Der Begriff der Prozessgestalt bewahrt die zentralen Erkenntnisse der Gestalttheorie und pointiert sie:

- Der Begriff enthält die Unmittelbarkeit und Spontaneität der Ordnungsbildung "aus den System heraus": Selbstorganisation und "freie" Ordnung ohne die Notwendigkeit einer Scheinerklärung im dem Sinne, dass auf einen Homunculus zurückgegriffen würde.
- Gestalten nach meiner Definition sind immer das Resultat einer Dynamik, eines Prozesses: deshalb Prozessgestalten. Bereits Köhler vertritt die Auffassung, Gestalten seien entweder dynamisch oder das Resultat einer ihnen unterliegenden Dynamik (Helson, 1933).
- Für Prozessgestalten gilt die Nichtsummativität in zweierlei Hinsicht: sie entstehen in *nichtlinearen* Systemen, und sie sind *emergente* Eigenschaften dieser Systeme.
- Es gilt ein (methodologisches) Prinzip des Isomorphismus: das Phänomen der Selbstorganisation ist ubiquitär; es gibt psychologische, soziale, neuronale und physikalische Prozessgestalten, denen entsprechende Dynamiken unterliegen. Also können diese Dynamiken auch mit denselben Werkzeugen abgebildet werden. Wenn es auch zwei Kulturen (Snow, 1967) oder drei Welten (Popper & Eccles, 1982) geben sollte (s. Kapitel 1), so können und sollten sie doch nach meiner Ansicht mit einer Wissenschaft untersucht werden. Die strukturellen und prozessualen Isomorphien zwischen Systemen in verschiedenen Domänen stehen über den Unterschieden zwischen ihnen. Daraus folgt ein wissenschaftlicher und methodologischer Monismus im Sinne von Mach.

Kapitel 6

Konzeptualisierung psychologischer Systeme

In diesem Kapitel werde ich darlegen, wie von Seiten der Psychologie komplexe Systeme konzeptuell gefasst werden können. Konzeptualisierung ist gewissermassen deduktive Modellierung mit hohem Abstraktionsgrad: ich möchte also versuchen, einen theoretischen Rahmen abzustecken, in den wir Systeme der Psychologie mit ihrer speziellen Komplexität, ihrer Umweltoffenheit und ihrer Fähigkeit zu Emergenz und Gestaltbildung einbeschreiben können. Dieser Rahmen wird für jedes spezifische System in der Psychologie zu gross sein. Die Aufgabe späterer Kapitel wird es deshalb sein, die "slots" der abstrakten Konzepte zu füllen. Es wird sich dabei auch zeigen, dass es Phänomene und Systeme gibt, die zwar im Bereich der Psychologie wichtig sind, aber nicht in den Rahmen dieser Konzeptualisierung eingepasst werden können und sollen.

6.1 Allgemeines zum Systembegriff

Wittgenstein (1975, 1921) führt Systeme, ohne sie so zu benennen, folgendermassen ein:

"2 Was der Fakt ist, die Tatsache, ist das Bestehen von Sachverhalten." Sowie:

"2.01 Der Sachverhalt ist eine Verbindung von Gegenständen (Sachen, Dingen)."

"2.011 Es ist dem Ding wesentlich, der Bestandteil eines Sachverhalts sein zu können."

Unter einem System verstehe ich entsprechend einen Sachverhalt, der aus Komponenten (bzw. Elementen) besteht, welche zueinander in Wechselwirkung stehen. Der mathematische Begriff hierfür ist die "Menge". Man kann unterscheiden, welche Dinge zu diesem Sachverhalt hinzugehören und welche nicht. Deshalb hat jedes System eine Grenze und eine Umwelt. Die Grenze kann selbst aus Komponenten bestehen.

Wie kommt es zu dieser Unterscheidung von System und Umwelt? Wir benötigen offenbar Kriterien, eine Entscheidungsinstanz oder eine Zuordnungsregel, wodurch diese Unterscheidung getroffen wird. Die Notwendigkeit der Unterscheidung impliziert einen Beobachter (Abb. 6.1). Die "klassische" Art, ein System festzulegen, erfolgt durch einen Beobachter, der nicht selbst Element des Systems ist. Er stellt

Kriterien bereit, mit denen er die Unterscheidung zwischen systemintern und systemextern fällt. Mögliche Kriterien sind:

- 1.) die Art der Wechselwirkungen zwischen Komponenten,
- 2.) gemeinsame Attribute der Komponenten, sowie
- 3.) die Festlegung der Grenze des Systems durch Definition.

Die beiden erstgenannten Kriterien definieren Systeme, die auch als "gegliederte Ganze" oder "natürliche Systeme" bezeichnet werden können. Die dritte Option, Festlegung der Grenze, eröffnet die Möglichkeit, Systemelemente frei zu etikettieren, ohne dass diese Gemeinsamkeiten über ihre Systemzugehörigkeit hinaus ausweisen müssen: es ist oft sinnvoll, ein System zu betrachten, ohne von vornherein Aussagen über es zu treffen.

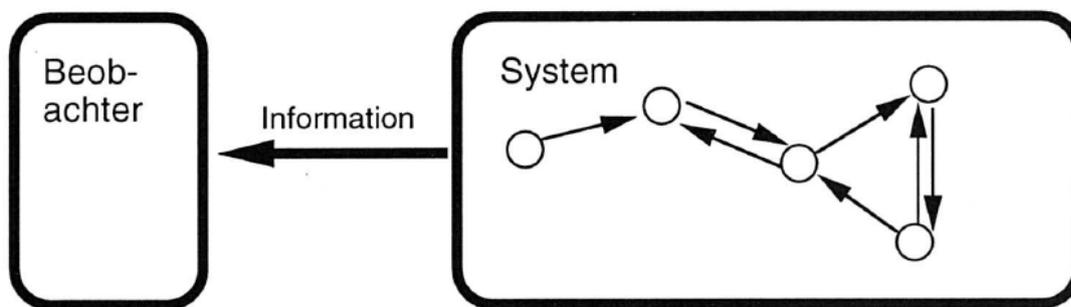


Abb. 6.1. Schematische Darstellung eines Systems (einer Menge verbundener Elemente) und eines externen Beobachters ("Einstein measurement" nach Crutchfield, 1994)

Die Endo/Exo-Unterscheidung

Ich habe oben auf den externen Beobachter hingewiesen, der durch seine Unterscheidung ein System "konstituiert". Im Anschluss an diese initiale Unterscheidung wird das System — zumindest in wissenschaftlichen Kontexten — beobachtet, beschrieben, untersucht, manipuliert etc. Mit anderen Worten, es muss notwendig ein Informationsfluss vom System zum Beobachter vorausgesetzt sein, wie in Abb. 6.1 dargestellt (System \Rightarrow Beobachter). Diese Art der Beschreibung kann man eine Exo-Position nennen: der Beobachter erhält Informationen vom System, nimmt Messungen vor, ohne dadurch tatsächlich mit dem System zu interagieren, d.h. ohne Teil des Systems zu werden. Der Beobachter spielt eine "deistische" Rolle: allwissend, aber nicht betroffen von den Gesetzen der Welt, die er beobachtet (Kampis, 1994). Die exosystemische Beschreibung ist also offensichtlich eine Idealisierung, da jede Messung/Beobachtung auf einer wenn auch klein gehaltenen Interaktion beruht. Gleichwohl ist diese oft implizite Idealisierung der Kern naturwissenschaftlicher Theoriebildung und wird unausgesprochen vorausgesetzt von der klassischen Mechanik bis hin zur Theorie dynamischer Systeme.

Es ist nun ein wissenschaftlich oft fruchtbares Vorgehen, schweigenden Vorannahmen *nicht* zu folgen. Wie verändert sich die Situation, wenn man nicht länger annimmt, dass das beobachtete System während der Beobachtung sozusagen "stillhält"?

Wenn also auch ein Informationsfluss in umgekehrter Richtung stattfindet, so erfährt das System potentiell eine Veränderung durch den Beobachter. Daraus können sich sehr weitreichende Folgen für die Validität der Beobachtung ergeben, wenn der Akt der Beobachtung möglicherweise das Beobachtete selbst verändert (System \leftarrow Beobachter).

Svozil (1994) berücksichtigt dies in seiner Unterscheidung von intrinsischer (Endo-) und extrinsischer (Exo-)Perspektive, die er am Beispiel finiter Automaten diskutiert. Die Endo-Perspektive ist die Situation des (freiwillig oder unfreiwillig) partizipierenden Beobachters (Abb. 6.2).

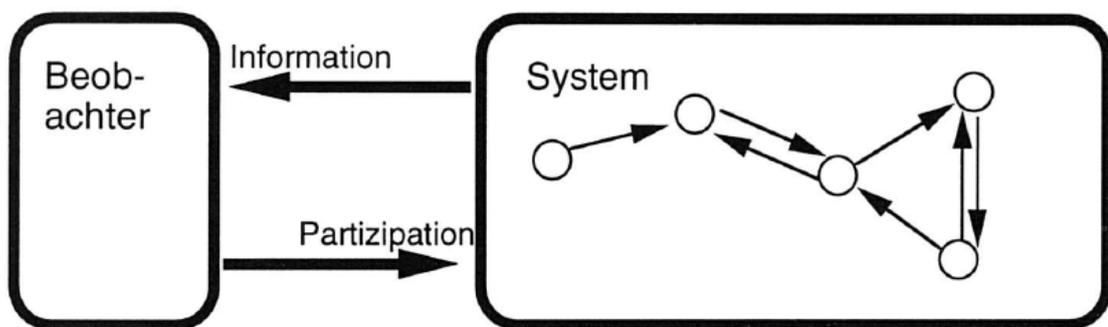


Abb. 6.2. Schematische Darstellung eines Systems und eines partizipierenden Beobachters ("Heisenberg measurement" nach Crutchfield, 1994)

Svozil verdeutlicht die Problematik in Zusammenhang mit der Aufklärung der input-output-Verknüpfung in finiten Automaten (vgl. die "nichttrivialen Maschinen" bei v. Foerster, 1985). Das zu untersuchende System sei eine black box mit unbekannter Struktur. Nehmen wir zusätzlich an, das System sei irreversibel: ein Experiment (d.h. ein input durch den Experimentator) verursacht also eine unbekannte Zustandsänderung des Systems dergestalt, dass ein weiterer input auf ein verändertes Verhalten des Systems stossen kann. Stellt der Beobachter die Frage A, um die Reaktion des Automaten zu erkunden, kann er die Frage B *unter denselben Umständen* niemals mehr stellen. Es existiert somit ein wechselseitiger Informationsfluss zwischen Automat und Beobachter, der diese Situation selbstreferentiell macht. Für eine vollständige intrinsische (Endo-) Beschreibung muss der Beobachter sich selbst mit in das Modell aufnehmen! Dadurch gerät er sofort in einen infiniten Regress. In Tschacher (1990) habe ich diese Situation intrinsischer Erkenntnisgewinnung als vertikale Rekursion bezeichnet (s. Abb. 6.3). Im Kontrast dazu steht die klassische Dynamik von Exosystemen, die durch "horizontale Rekursion" beschrieben werden (Tschacher, 1990, S. 148f). "*Vertikal*" verweist auf die notwendige Einführung immer

"höherer" *Meta*-Ebenen zur Auflösung der Selbstreferenz, "*horizontal*" auf die Rekursion entlang einem Zeitpfeil.

Man kann die selbstreferentielle Problematik des systeminternen Beobachters auch topologisch repräsentieren: es entsteht dabei eine sog. Kleinsche Flasche (Kampis, 1994). Das Problem der Selbstreflexion und des psychologischen Selbst verweist auf dieselbe

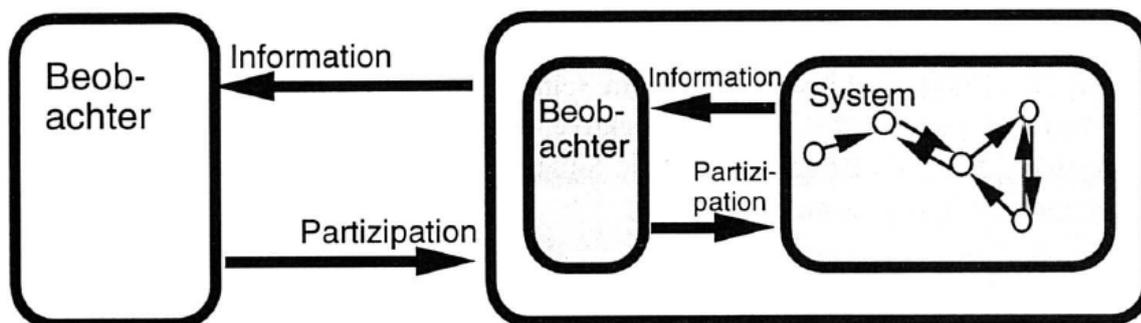


Abb. 6.3. Die Beschreibung eines Systems aus der intrinsischen bzw. Endoperspektive führt zu einer infiniten "vertikalen Rekursion"

Dynamik (Mann, 1992; Tschacher & Rössler, 1995; s. Kap. 9.2.2).

Die Problematik unseres Beobachters erinnert ausserdem an das grundlegende Ergebnis der Quantenmechanik, wonach generell eine Messunschärfe entsteht, will man Impuls und Ort eines Teilchens zugleich bestimmen. Beobachtet man etwa den Impuls des Teilchens, so kann der Ort nicht mehr *ceteris paribus* beobachtet werden: die computationale Komplementarität im Automatenkontext entspricht der quantentheoretischen Komplementarität. Aus diesem Grunde wird in der neueren Diskussion (Rössler, 1992a; Atmanspacher & Dalenoort, 1994) die Quantentheorie als eine Möglichkeit angesehen, die Naturwissenschaften endophysikalisch zu verankern.

Die Unterscheidung in eine Endo- und eine Exo-Sichtweise berührt tiefgreifende philosophische (ontologische und erkenntnistheoretische) Fragen der Subjekt-Objekt-Problematik (Nagel, 1986). Sie lässt sich nach Rössler (1994) in Einklang bringen mit der cartesianischen Philosophie des Dualismus:

Auf der einen Seite steht der Endozugang zur Wirklichkeit (gewissermassen von "innen", durch einen zum System gehörigen Beobachter): dem entspricht die "res cogitans" bei Descartes, dessen berühmtes "Cogito ergo sum" als letztes unhinterfragbares Evidenzkriterium für Existenz und Wirklichkeit steht. Die wissenschaftstheoretischen Standpunkte, die diesem Endozugang nahestehen, wären der Rationalismus mit seiner Modell-Priorität sowie als logische Figur die Deduktion (vgl. die deduktive Modellierung in Kapitel 3). Das gedachte Modell bzw. die Theorie ist primär, und es ist allenfalls möglich, das Modell durch wiederholte Falsifikationen zu schwächen (Popper, 1984). Insbesondere Kuhn (1967) und Lakatos (1970) betonen in

solchem Zusammenhang die Resistenz des Modells gegen eine nicht theoriekonforme Empirie.

Auf der anderen, der Exo-Seite, finden wir die cartesianische "res extensa", die räumlich ausgedehnte Materie. Materialistische Sichtweisen betonen entsprechend der Empirismus und Positivismus: Fakten haben gegenüber den Modellen Priorität; als Methode bietet sich die Induktion an (Atmanspacher, 1994). Das positivistische Projekt startet von fundamentalen Basissätzen aus, die Tatsachen und Sachverhalte konstatieren (Wittgenstein, 1921) und von beliebigen Beobachtern protokolliert werden können. Aus ihnen sollen die Theorien hervorgehen.

Letztlich jedoch, so Atmanspacher, ist der Unterschied zwischen Endo- und Exo-Zugang in jeder der beiden cartesianischen Domänen, in der mentalen und in der materiellen Welt, durchzuführen. Nur die *Teilnahme an einem singulären irreversiblen Prozess* selbst ist endosystemisch. Mit dem Versuch der Objektivierung, d.h. der Subjekt-Objekt-Trennung, entsteht sofort die Exo-Perspektive, sei es als mentale (kognitiv-introspektive) Beschreibung und Unterscheidung ("Exomodell") oder als Beobachtung eines Phänomens oder Ereignisses in Raum und Zeit ("Exofakt").

Mit Hegel (1832) könnte man diesen Vorgang als dialektischen Metaprozess verstehen: aus dem unreflektierten Ansich geht notwendig eine negierende Gegenbewegung hervor, eine Art exoperspektivisches Heraustreten aus dem Sein (nun als Fürsich). In Hegels Philosophie hat diese immer wiederkehrende Abfolge bekanntlich eine innere Optimierungstendenz, die als Endpunkt eines dialektischen Prozesses zum Anundfürsich führt, in dem Ansich und Fürsich vermittelt und aufgehoben sind. Im Rahmen meiner Konzeptualisierung käme einem dialektischen Prozess also Prägnanz (s. Definition 5.6) zu.

Die Standpunkte in Detailfragen wie auch bezüglich der Terminologie differieren im Diskussionszusammenhang der Endo/Exo-Unterscheidung beträchtlich. Einmal wird die endophysikalische Sicht als dem platonischen Ding-an-sich entsprechend, also als ontisch wirklich angesehen (Primas, 1994, der die quantische Endophysik als "study of the Platonic heaven" versteht). Rössler dagegen vertritt die Auffassung, die endosystemischen Phänomene der Quantenwelt könnten durch geeignete Einführung eines Dämons in eine klassische, chaostheoretische Beschreibung (im Sinne des "guten, alten Billard-Universums") aufgelöst werden.

Wie unterscheiden sich nun externe von internen Wirklichkeiten? Die Exoperspektive zeigt uns Systeme in einer Form, wie wir sie von einer empiristischen Naturwissenschaft her erwarten. Die Zeit ist global: sie hat Richtung und Stetigkeit; Systemzeit und Beobachterzeit verlaufen parallel. Variablen und Systemelemente können prinzipiell bezeichnet werden und bleiben eine hinreichend lange Zeit erhalten (Kampis & Rössler, 1990). Die externe und interne Sichtweise wird als ununterscheidbar angesehen.

Ein Endosystem ist nach Kampis (1991) gegeben, wenn im System ständig neue Variablen emergieren (z.B. in der biologischen Evolution, allgemeiner in nichtstationären selbstorganisierenden Systemen). Das fortwährende Auftauchen neuer Variablen kann man in Analogie zur Hegelschen Tendenz zur Selbstentfaltung der Welt

sehen. Endophysikalisch ist die Zeit "lokal" gegeben, wirklich ist nur die Beobachtung "jetzt". Für einen Endo-Beobachter existiert nur die ewige Gegenwart (vgl. Wittgensteins (1921) Behandlung des Todes als nicht im Leben existent). Dies gilt folglich auch für die Zeit, wie sie uns als Introspektoren unserer selbst natürlich erscheint: Psychologische Zeit ist quantenhaft, d.h. besteht (exopsychologisch gesprochen) aus einer Anzahl von *sequential processing units* von etwa 30-40 ms (Pöppel et al., 1990; Ruhnau, 1994). Das psychologische "Jetzt", innerhalb dessen *units* als "gegenwärtig" integriert werden, dauert etwa 3 Sekunden. Das subjektive Zeitgefühl ist also nicht das eines stetigen Voranschreitens eines ausdehnungslosen Punktes auf einem Kontinuum, wie es der klassischen Newtonschen Zeit entspricht.

Psychopathologische Befunde, wie der von Sacks (1985) beschriebene Fall eines Korsakov-Patienten "Mr. Thompson", geben einen Einblick in eine Endo-Welt *ohne* Kontinuität und Exo-Perspektive, in ein permanentes "Jetzt".

Keiner der beiden Zugänge in der Wissenschaft (Beobachtung nach Abb. 6.1 oder Abb. 6.2) ist allein der "richtige". Das Problem der Endobeschreibung des finiten Automaten, das oben angeführt wurde, kann durchaus in ein zugänglicheres Exo-Problem überführt werden.

- 1) Die intuitivste Lösung wäre eine Verlagerung des Zugangs von der rein induktiven Betrachtung der input-output-Relationen zur funktionalen Frage, wie der Automat intern (materiell) verschaltet ist: man öffnet die black box, um zu erkunden, welche Mechanismen dazu führen, dass der Automat auf gleiche Fragen stets unterschiedliche Antworten liefert. Eben dies geschah beispielsweise in der Weiterentwicklung der behavioristischen Lerntheorie hin zu einer kognitiven Psychologie.

- 2) Die zweite Exo-Lösung ist die Einführung eines Querschnittsansatzes: könnte man mit vielen *identischen* Automaten experimentieren, entspräche auch dies einer Umgehung der Selbstreferenz, da man alle inputs an jeweils "frischen" Kopien des Automaten testen kann.

- 3) Eine dritte Exo-Lösung ermöglicht schliesslich die Einführung eines statistischen Ansatzes: kann man im Querschnitt mit vielen *ähnlichen* Automaten experimentieren, besteht die Hoffnung, den internen Regeln durch statistische Auswertungen einer Abfolge von Experimenten auf die Spur zu kommen. Derselbe Ausweg eröffnet sich durch den statistischen Längsschnittansatz (also statistische Dynamik bzw. Zeitreihenanalyse), wobei die Statistiken sich auf die Trajektorie des Systems beziehen. Falls $N > 1$ ist, ergibt sich eine Kombination von Quer- und Längsschnittstudie.

Nicht lösbar bleibt jedoch die Aufgabe, die vertikale Rekursion im je spezifischen Einzelfall in eine exosystemische Formulierung überzuführen. Hiervon ist meiner Ansicht nach besonders das Problem des Bewusstseins in der Psychologie betroffen.

Man möge nun nur die Ebenen verlagern und in der obigen Aufzählung für "Automat" einsetzen "Fragen der Psychologie"; dann werden Entwicklungslinien der wissenschaftlichen Psychologie deutlich als Versuch einer Exo-Lösung eines Endo-Problems! Wir finden in der Psychologie eine deutliche Tendenz zu (bislang noch meist querschnittshaften) statistischen Methoden, im Versuch, vom konkreten System zu abstrahieren, um dennoch die Regeln konkreter Systeme zu erkunden. Ebenso finden wir die naheliegende Lösung, die black box mit anderen Mitteln zu inspizieren, v.a. mittels der physiologischen und biologischen Psychologie und in ethologischen Ansätzen.

Für die folk-Psychologie (d.h. im Alltag) ist der Endozugang zu Sachverhalten der nächstliegende Zugang. Individuen haben keine Scheu davor, Systemzusammenhänge zu beobachten, an denen sie selbst teilhaben. Man kann sich sogar selbst beobachten, und dabei zwischen "Selbst als Subjekt" und "Selbst als Objekt" oszillieren (s. Abb. 9.1).

Der Schulenstreit in der Geschichte der Psychologie könnte unter dem Aspekt aufgerollt werden, ob Endopsychologie als sinnvoll (Introspektion als "erlaubte" Methode: Handlungstheorie, Kognitionspsychologie), als "Königsweg" (psychoanalytische Traumdeutung) oder als unwissenschaftlich (Behaviorismus) angesehen wird. Gerade in der Psychologie, die als Disziplin gewissermaßen direkt über der cartesianischen Spaltung angelegt ist, wird die Debatte zwischen den zwei Wissenschaftskulturen der Phänomenologie und des Positivismus besonders unermüdlich geführt. Allerdings zeigt uns die Endophysik deutlich, dass dieser Diskurs ebenso auch in anderen Disziplinen zu führen ist, worauf ich in Abschnitt 1.1.1 bereits verwiesen habe.

6.2 Komplexe psychologische Systeme

Ich möchte mich im folgenden einigen konzeptuellen Differenzierungen des Systembegriffs in der Psychologie zuwenden. Was bedeutet hier Komplexität, und welche Systemklassen können sinnvoll unterschieden werden?

6.2.1 Operationale Definition von Komplexität und Ordnung

Komplexität ist ein schillernder und weiter Begriff. Verwandt sind Begriffe wie: Information, Entropie, Variation, Freiheitsgrade; gegensätzlich sind: Redundanz, Ordnung, Organisation. Unklar sind oft die Beziehung zwischen Komplexität und chaotischer Dynamik, sowie Bezeichnungen wie "komplexe selbstorganisierte Systeme". Ebenso fällt als problematisch auf, dass Komplexität oft als eine *strukturelle* Eigenschaft eines Systems verstanden wird, wo doch die Struktur eines Systems (v.a. in der Psychologie) oft weder bekannt ist, noch beobachtet werden kann.

Ich werde den Begriff Komplexität daher im folgenden operational definieren, d.h.

durch die Methode, mit der jeweils Komplexität abgeschätzt wird. Allgemein soll nur folgendes bemerkt werden: Unter Komplexität eines Systems kann man streng die Informationsmenge verstehen, die nötig ist, um die Struktur des Systems vollständig zu beschreiben; dieses Mass wird auch als information entropy oder computational complexity bezeichnet (Kolmogorov, 1965; Huberman & Hogg, 1986). Die Komplexität hängt damit ab von der Ordnung oder Unordnung, in der sich die Systemelemente befinden, sowie von der Zahl der Elemente. Es wird häufig darauf verwiesen, dass der Vernetzungsgrad der Elemente die Komplexität des ganzen Systems bestimme; das trifft jedoch nicht immer zu: ein hochgradig vernetztes System kann in seiner Struktur hochgeordnet und redundant sein (z.B. ein Kristall), d.h. seine Komplexität ist vergleichsweise niedrig. Ich werde deshalb im folgenden oft eine *dynamische* Definition von Komplexität heranziehen: die Komplexität eines Systems wird aus einem repräsentativen Abschnitt seiner Dynamik abgeschätzt. Die Komplexität wird dann als die Informationsmenge definiert, die nötig ist, um die Dynamik des Systems in einem bestimmten Zeitausschnitt zu beschreiben. In computationalen Begriffen ausgedrückt heisst das: die Länge desjenigen Algorithmus, der gerade ausreicht, die Zeitreihe des Systems zu rekonstruieren, dient als Mass der Komplexität (deshalb: "algorithmische Komplexität").

Folgende Methoden werden in einigen der in Kapitel 8 folgenden empirischen Studien verwendet, um die Komplexität zu schätzen:

A) Algorithmische Komplexität

Dieses Verfahren aus dem Bereich der symbolic dynamics erlaubt es, für die Komplexität einer univariaten Zeitreihe einen oberen Grenzwert anzugeben. Es basiert auf der oben angesprochenen Annahme, ein Mass für die Komplexität (den Informationsgehalt) einer Zeitreihe sei durch die Länge des Algorithmus gegeben, der mindestens notwendig ist, die Zeitreihe zu generieren. Das Mass beschreibt also die Komprimierbarkeit einer Zeitreihe.

Als Ausgangsdaten für eine solche Analyse sind eine Sequenz von Zeichen oder Zahlen (es genügen also Daten von Nominalskalenniveau für die Analyse). Die Methode basiert darauf, Redundanzen der Sequenz zu minimieren, indem wiederkehrende Teilsequenzen durch neue Symbole gekennzeichnet werden. Dadurch wird die Information, die die Sequenz enthält, auf möglichst wenige Symbole komprimiert. Die Länge der schliesslich entstehenden Substitutssequenz dient als Mass der Komplexität (Rapp et al. 1991). Konkret werden die Zeitreihen in einem automatisierbaren Verfahren zunächst nach wiederholt auftretenden Teilsequenzen der Länge 2 durchsucht. Drei- und mehrmals auftauchende Teilsequenzen werden durch ein neues Symbol ersetzt. Das Verfahren wird mit Tripeln, Quadrupeln usw. wiederholt, bis eine möglichst grosse Kompression der sequentiellen Information erreicht ist.

(i) Die Ausgangssequenz sei beispielsweise: $A = 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1$
(ii) ersetzt durch: $A = a\ a\ 1\ a\ a\ 1\ 0\ a\ 0\ a$ mit $a = 0\ 1$,
(iii) weiter ersetzt durch: $A = b\ b\ 0\ a\ 0\ a$ mit $a = 0\ 1$; $b = a\ a\ 1$.
Die Länge der Ausgangssequenz (i) war 16, die Länge der weniger redundanten, aber gleich informativen Mitteilung (iii) ist 11.

In einem zweiten Schritt kann auf die Komplexitätsschätzungen das in Abschnitt 3.1.2.2 beschriebene Surrogatdatenverfahren angewendet werden. Man vergleicht den Komplexitätswert der beobachteten Indexzeitreihe mit den Komplexitätswerten von jeweils N Surrogat"zeitreihen", die aus den zufällig durcheinandergemischten Werten der Indexzeitreihe bestehen. Die Surrogate ergeben normalverteilte Resultate; der mittlere Komplexitätswert der Surrogate stellt einen Erwartungswert dar für Zeitreihen gleicher Länge und Auflösung wie die Indexzeitreihe bei völligem Fehlen von sequentieller Ordnung. Man kann für den Komplexitätswert der Indexzeitreihe einen z -Wert bezogen auf diese Verteilung angeben, und damit die Wahrscheinlichkeit dafür benennen, dass sich diese Komplexität von den Komplexitäten der zufällig entstandenen Surrogate unterscheidet.

B) Faktorenanalytisch ermittelte Dimension

Faktorenanalysen erlauben die lineare Abschätzung der Dimensionalität eines multivariaten Datensatzes (Tschacher & Grawe, 1996) mit für die Psychologie konventionellen Mitteln. Ausgehend von multiplen Zeitreihen eines Systems (es seien beispielsweise p Merkmale des Systems über t Zeitpunkte hinweg gemessen worden) kann entweder die $p \times p$ oder die $t \times t$ Korrelationsmatrix mit einer der geläufigen Methoden (z.B. mit einer Hauptkomponentenanalyse) faktorisiert werden. Die Anzahl der sich ergebenden Merkmals- bzw. Situationsfaktoren (mit einem Eigenwert >1) bietet ein Mass für die Komplexität der Ausgangszeitreihe. Eine relativ hohe Anzahl von Faktoren weist auf eine hohe Komplexität hin.

C) Multivariates Ordnungsmass o

Ein der Faktorenanalyse verwandtes Verfahren verwendet die generalisierte Varianz eines multivariaten Datensatzes zur Abschätzung der Ordnung. Banerjee et al. (1990) beschreiben anhand einer botanischen Fragestellung diese Methode, wie in umfangreichen Datensätzen die Entropie und die Ordnung geschätzt werden kann. Das von Banerjee et al. beschriebene Verfahren stellt nun eine praktikable Möglichkeit dar, die Entropie eines Datensatzes aus den Varianz-Kovarianzmatrizen zu approximieren. Es handelt sich also um eine lineare Approximation, die sich aus den folgenden Gedanken ableitet: die (lineare) Entropie einer einzelnen Zeitreihe ist proportional zu ihrer Varianz. Da die generalisierte Varianz eines multivariaten Daten-

satzes die Determinante der Varianz-Kovarianzmatrix $|S|$ ist, spiegelt diese Determinante die Entropie eines multivariaten Systems wider. Banerjee et al. bezeichnen sie als tatsächliche Entropie. Der zweite Gedanke betrifft das Maximum dieser Entropie (die potentielle Entropie): die Entropie ist dann maximal ausgeschöpft, wenn die Variablen des System nicht zusammen korrelieren; wenn daher also die Kovarianzen allesamt Null gesetzt sind, wird aus der Determinante $|S|$ das Produkt der Hauptdiagonalelemente der Matrix S , das Produkt aller Varianzen $\prod s^2$.

Folglich kann man die Entropie in Relation zur potentiellen Entropie darstellen: $|S|/\prod s^2$, was Werte zwischen 0 (d.h., die tatsächliche Entropie ist Null) und 1 (d.h., die tatsächliche Entropie ist gleich der maximal möglichen potentiellen Entropie) ergibt. Umgedreht erhält man schliesslich das gewünschte Ordnungsmass o , das im Bereich $0 \leq o \leq 1$ variieren kann. Die Ordnung eines multivariaten Datensatzes kann also folgendermassen definiert werden (Banerjee et al., 1990; Landsberg, 1984):

$$o = 1 - |S|/\prod s^2 \quad . \quad (VI.1)$$

Eine wichtige Eigenschaft dieser Formulierung liegt darin, dass mit dieser Definition Ordnung und Entropie entkoppelt werden. Das Ordnungsmass o kann also zunehmen, auch wenn zugleich die Entropie in einem System steigt. Das Mass ist verwandt mit Definitionen von "Organisation" (Brooks & Wiley, 1988) und "Komplexität" im Sinne von Huberman & Hogg (1986).

6.2.2 Komplexität in psychologischen Systemen

Welche Bedeutung hat die Komplexität in psychologischen Systemen in Zusammenhang mit meinen zentralen Konzepten Selbstorganisation und Prozessgestalten?

Oben wurde mehrfach von Selbstorganisationstendenzen in komplexen Systemen gesprochen. Um kurz zu rekapitulieren: In der Synergetik ist die Reduktion von Freiheitsgraden in solchen Systemen durch "Versklavung" stabiler durch instabil werdende Variablen (s. Abschnitt 3.2.2) das zentrale Phänomen. Die Ordnung im System nimmt zu, indem einige wenige Variablen (die "Ordnungsparameter") sich im gesamten System etablieren. Die Ordnungsparameter bilden damit die Makroebene des Systems, sie erzeugen Korrelationen grosser Reichweite und langer Dauer; demgegenüber waren die vielen mikroskopischen Variablen nur lokal und kurzfristig wirksam. Mit dem Begriff der Komplexität ausgedrückt: Ein hochkomplexes System kann durch Selbstorganisation seine Komplexität reduzieren und für eine gewisse Zeit vollständig durch makroskopische Variablen beschreibbar werden. Ein komplexes System entwickelt sich temporär gewissermassen zu einem "dissipativen Kristall". Das zentrale Phänomen der Synergetik wäre also ein mit Methoden der Komplexitätsschätzung im Laufe der Systemevolution abbildbares Ereignis. Somit entstehen also aus der vermuteten Bildung von Prozessgestalten direkt prüfbar Arbeits-

hypothesen!

Sind psychologische Sachverhalte immer (zunächst) komplex im genannten Sinn? Nicht notwendigerweise: eine bedeutende Tradition in der Psychologie untersucht im Querschnittsansatz die Regelmäßigkeiten in einfachen Systemen aus unabhängiger Variable und abhängiger Variable (sagen wir: "Frustration" und "Aggression"), ohne sich die Frage zu stellen, wie und woraus solche globalen Variablen in der Kognition und im Verhalten entstehen. Die Fragestellungen zu diesem System sind wohl kompliziert, der gewählte Ausschnitt (das System) ist jedoch nicht komplex.

Wenn ich nun aber einen etwas anderen Zugang zu psychologischen Sachverhalten wähle, komme ich nicht umhin, mich mit komplexen Systemen zu befassen. Meiner Ansicht nach ist ein psychologisches System immer dann komplex, wenn ich es in seiner *Ausprägung im Einzelfall* betrachte, d.h. nicht a priori makroskopische Variablen isoliert zu betrachten versuche.

Diese Grundlegung ist für meinen theoretischen Ansatz axiomatisch (s. Postulat 6.1), d.h. stützt sich auf Plausibilitätsannahmen. Betrachten wir zunächst das Erleben und Verhalten eines Individuums in einer gegebenen Situation und versuchen eine *mikroskopische* Betrachtung der stattfindenden kognitiven und emotionalen Vorgänge; wir stoßen auf eine grosse Zahl von beteiligten Handlungs- und Kognitionsweisen, einen breiten "stream of consciousness". Dies ist besonders eindrücklich in literarischen endopsychologischen Schilderungen dargestellt, im Monolog von Molly Bloom am Ende des Romans "Ulysses" (Joyce, 1979) beispielsweise, oder in Brodkey (1989) und Handke (1994). Es zeigt sich, dass "Frustration" und "Aggression" — als Beispiele für makroskopische hypothetische Konstrukte in der Psychologie — im konkreten Individuum in eine Vielfalt von kognitiven und emotionalen Randbedingungen, sowie in damit verknüpfte Lernsequenzen, assoziierte Gedächtnisspuren etc. zerfallen. Man betrachte in Analogie zu dieser psychologischen Mikroebene die Aktivität des zentralen Nervensystems: auch dort sitzen die globalen, makroskopischen Variablen (z.B. die im EEG gemessenen Spannungsdifferenzen) einer komplexen Vielfalt von Prozessen in den einzelnen Neuronen und Synapsen sowie aus solchen gebildeten Neuronennetzen auf.

Es erweist sich als eine sehr komplizierte, ja spekulative Frage, welcher Art die mikroskopischen Komponenten komplexer psychologischer Systeme sind. Diese Frage ist aber berechtigt, da der in den "Prozessgestalten" dargestellte Versuch zur theoretischen Psychologie in Analogie zu naturwissenschaftlichen und mathematischen Metatheorien (wie der Synergetik und der Theorie nichtlinearer Systeme) entwickelt ist; dort sind in der Regel Theorien zu den Eigenschaften der Systemkomponenten vorhanden. Im Fall des Lasers oder der Belousov-Zhabotinski-Reaktion ist es beispielsweise möglich, eine bottom-up Modellierung von der Molekularphysik her anzugehen.

Psychologisch könnte man die Mikrokomponenten als **Verhaltenskerne** bezeichnen, im Sinne von Tendenzen oder Bereitschaften für gewisse Handlungen. Diese elementaren Verhaltenskomponenten gehören damit zum inneren Verhalten (also zur Kognition im weiteren Sinne). Die Komponenten lassen sich nach Bereichen unter-

scheiden: perzeptiv, kognitiv, emotional, vorbereitend-motorisch etc. Die Verhaltenskerne sind für sich unbewusst (nur makroskopische Kognitionen sind bewusst). Verhaltenskerne sind die Elemente des Lebensraums (s. Gleichungen (V.1),(V.2)).

In der Sprache der Kognitionswissenschaft entspräche einer solchen Komponente ein konnektionistisches Modul (ein neuronales Netz) oder ein "Agent" im Sinne von Minsky (1985). Auf physiologischer Ebene sind hier nicht die Aktionspotentiale der Einzelneuronen angesprochen, sondern Organisationsstrukturen, die sozusagen bereits eine Stufe über dem Geschehen am Einzelneuron liegen: die Aktivität einzelner neuronaler Netze (cell assemblies nach Hebb (1949), neuronal groups nach Edelman (1992)) entspricht am besten dem, was ich auf psychologischer Seite als Mikrokomponente bezeichne. Wiederum eine Stufe über der mikroskopischen Ebene liegen räumlich ausgedehntere Synchronisationen und Koppelungen mehrerer assemblies (die elektroenzephalographisch z.B. als Bereitschaftspotentiale bzw. PINV (postimperative negative Variation) beobachtbar sind: hier handelt es sich um das physiologische Korrelat zu Erwartung und Handlungsenergetisierung, bei dem bereits weite Neuronenverbände angesprochen sind; Birbaumer & Schmidt, 1989).

Damit komme ich zu einer ersten Begriffsfestlegung:

Postulat 6.1: Ein konkret (im Einzelfall, unter Feldbedingungen) realisierter psychologischer Sachverhalt ist stets ein komplexes System (ein KPS). Seine mikroskopischen Komponenten sind "Verhaltenskerne".

Bewusstes Erleben und Verhalten (d.h. Handlung) gehört nach meiner Konzeptualisierung zu einer *makroskopischen* Ebene, die aus der grossen Zahl von Verhaltenskernen via Komplexitätsreduktion emergiert. Die Synergetik bezeichnet diesen Vorgang als "Versklavung" (aller mikroskopischen Moden durch eine oder wenige dominant werdende Moden). Für Bewusstseinsvorgänge und Handlungen sind somit Selbstorganisationsphänomene Voraussetzung (Bewusstsein ist ein Ordnungsparameter; Tschacher & Rössler, 1995).

Postulat 6.2: Handlungen sind das Resultat der Selbstorganisation der mikroskopischen Verhaltenskerne.

Welches Verhalten wird selektiert? Verhaltensvorbereitung ist ein Selektionsprozess, der durch Valenzen angeregt (nicht eigentlich aber: gesteuert) wird. Valenzen sind die Kontrollparameter für die Selbststrukturierung im hochdimensionalen Raum der Verhaltenskerne. Die Musterbildung im KPS basiert damit auf mehreren Voraussetzungen: auf der prinzipiellen Eigenaktivität des Systems, auf den durch die Valenzen ausgedrückten Zwangsbedingungen und auf dem ("darwinistischen") Selektionsprozess unter den mikroskopischen Moden (Verhaltenskernen). Diejenigen Verhaltenskerne sind am "fittesten", die die Valenzen am besten "reduzieren", d.h. das

informationelle, valente Nichtgleichgewicht abbauen.

Postulat 6.3: Die Valenzen des KPS entscheiden, welche Verhaltenskerne die beste Passung erzielen und so zu Handlungen werden.

Als eine erste grobe Unterscheidung der Menge aller KPS bietet es sich an, die Art der Wechselwirkungen, die Attribute von Komponenten und die Systemgrenze zu betrachten (s. Tab. 6.1).

	Selbst: Teilmenge eines KES	Kognitiv-emotionale Systeme (KES)	Psychosoziale Systeme (PSS): $n > 1$ gekoppelte KES	Therapiesysteme (TS): Unterklasse der PSS
Beispiel für empirische Realisationen	Endo-Beschreibung des Selbst eines Individuums (Abschnitt 9.2.2)	die Stimmung eines Individuums in einer spezifischen Situation (Abschnitt 8.1)	ein Paar verbringt einen Urlaub zusammen (Abschnitt 8.4.4)	Klient und Therapeut interagieren einmal pro Woche für 1 h (Abschnitt 8.3.2)
Art der Komponenten	kognitiv-emotional	kognitiv-emotional	sozial und kognitiv-emotional	sozial und kognitiv-emotional
Systemgrenze	KES	andere KES; PSS; Hülle des Lebensraums	andere PSS; KES; soziales Feld, Kultur	soziales Feld; therapeutisches Setting; Kultur
Mikroebene	rekursive Kognitions-Emotions-Elemente	"kleinste" Kognitions-Emotions-Elemente: "Verhaltenskerne"	"kleinste" Kognitions-Emotions-Elemente (sozial gekoppelt)	"kleinste" Kognitions-Emotions-Elemente (sozial gekoppelt)
Makroebene	Bewusstsein, Identität, Intentionalität	Kognitions-Emotions-Elemente, bewusste Handlung (awareness)	Korrelation von Kognitions-Emotions-Elementen, soziale Variablen	Korrelation von Kognitions-Emotions-Elementen, Therapie- und soziale Variablen

Tab. 6.1. Überblick zur Konzeptualisierung verschiedener komplexer psychologischer Systeme (KPS)

A) Kognitions-Emotions-Systeme (KES)

Eine zentrale Stelle nimmt die Klasse der Kognitions-Emotions-Systeme oder kognitiv-emotionalen Systeme (KES) ein. Sie beinhalten, was Lewin (1936, S. 223) unter "Lebensraum" versteht: "... die Gesamtheit der Tatsachen, die das Verhalten (V) eines Individuums in einem gegebenen Augenblick bestimmen. Der Lebensraum (L) repräsentiert die Totalität möglicher Geschehnisse. Der Lebensraum enthält die Person (P) und die Umwelt (U). $V = f(L) = f(P, U)$." (Die Einfügung in das dynamische Konzept der Prozessgestalten wurde oben in Gleichung (V.1),(V.2) vorgenommen)

men).

KES sind als hierarchische Systeme konzipiert, d.h. es können mehrere Ebenen und Auflösungsgrade unterschieden werden. Die Makro-Komponenten der "obersten" Ebene sind psychische (mentale) Variablen (in je unterschiedlichem Mischungsverhältnis von kognitivem und emotionalem Anteil) im Sinne von offenen oder verdeckten Handlungen. Mikro-Komponenten sind hypothetische "kleinste" solche Kognitions-Emotions-Elemente (Tschacher, 1990), die oben als unbewusste "Verhaltenskerne" bezeichnet wurden.

Das Substrat des KES sind neuronal-physiologische Vorgänge im ZNS und peripheren Nervensystem. Insofern also Variablen der Umwelt Teil des KES sind, können sie nur als kognitiv repräsentierte Variablen vorhanden sein. Zwischen Substrat und der psychologischen Ebene verläuft die Schnittstelle zwischen *res extensa* und *res cogitans*: Die psychischen Variablen sind selbst emergente Variablen, die aus dem biologischen Substrat hervorgehen. Die Vorstellung, dass die psychischen Phänomene selbstorganisierte Emergenzen eines biologischen komplexen Substrats seien, wird von Bunge & Ardila (1987) als emergenter Materialismus bezeichnet und dient dort zur Grundlegung einer Philosophie der Psychologie auf physiologischer Basis. Solche Prozesse im physiologischen Substrat sind also Voraussetzung für die Entstehung des bewusst-psychischen Phänomenbereichs überhaupt. Die Psyche ist zwar nicht identisch mit, aber gebunden an das biologische System. Um in einer kognitiv-psychologischen Sprache bleiben zu können, gehe ich von einem Mikro-Makro-System allein innerhalb des psychischen Phänomenbereichs aus, in welchem dynamische und selbstorganisatorische Prozesse stattfinden. Diese Vorgänge sind für die hier vorliegende Diskussion von Prozessgestalten zentral.

Die Kontrollparameter eines KES (die Valenzen) sind Attribute der Systemgrenze: sie entstammen folglich anderen (benachbarten) KES oder PSS, dem biologischen Substrat des KES oder der materiellen Umwelt des Systems, seinem Milieu. Lewin folgend, gehören diese Parameter zur Hülle, die den Lebensraum umgibt, welcher die Gesamtmenge aller psychologisch wirklichen (wirksamen) Variablen umfasst. In Kapitel 8 werde ich empirische Daten zu unterschiedlichsten psychischen Dynamiken diskutieren, d.h. durch Beobachtung gewonnene Erhebungen eines KES. Es ist deutlich, dass in der Regel nur kleine Teile des gesamten Verhaltens- und Bewusstseinsstroms (des gesamten KES) betrachtet werden können.

Ein markanter Teilbereich eines KES ist das psychologische Selbst eines Individuums. Dieses werde ich in Abschnitt 9.2.2 als ein kognitives System vorstellen, das vollständig in das KES eingebettet ist. Es umfasst alle Kognitionen und Emotionen, die sich rückbezüglich auf das KES selbst beziehen.

B) Psychosoziale Systeme (PSS)

Ein KES kann Kontrollparameter, d.h. valente Umwelt für ein anderes KES sein, wie eben erwähnt wurde. Unter Umständen aber ist es theoretisch befriedigender,

interagierende KES zu einer neuen Systemklasse zusammenzufassen, den psychosozialen Systemen (PSS). Diese entstehen also, wenn zwei oder mehr KES gekoppelt sind, wie etwa in Familien und Paaren, in Gruppen und Organisationen unterschiedlicher Art. Die soziale Kopplung findet auf der Makro- und Mikro-Ebene der beteiligten KES statt (nicht auf der Ebene des biologischen Substrats). Wenn es in PSS zu Selbstorganisationsprozessen kommt, sind dies also sozial vermittelte kognitiv-emotionale Prozesse. Diese Konzeptualisierung wird in Tschacher (1990) und Schiepek & Tschacher (1992) dargestellt.

Weshalb spreche ich in diesem Zusammenhang nicht von einem sozialen System? Es scheint hier nicht sinnvoll, die Komplexität der sozialen Kopplung aus dem System herauszuverlagern, da in diesem Fall die Phänomene sozialer Selbstorganisation nicht länger im Rahmen naturwissenschaftlicher Selbstorganisationstheorie behandelt werden können. Soziale Variablen (als sog. temporalisierte Variablen nach Luhmann (1984), s. Schiepek (1991)) sind nicht komplex; sie sind deshalb in dieser Konzeptualisierung nicht Grundlage (Mikroebene) eines Systems, sondern zu erklärendes Produkt der (psychosozialen) Kopplung (Tschacher, 1990). Eine andere Möglichkeit, das Verhältnis sozialer und psychischer Variablen zu klären, könnte sein, den sozialen Phänomenbereich als Emergenz eines psychischen Substrats aufzufassen. Verglichen mit der Emergenz psychischer aus den neuronalen Phänomenen ist der Übergang von den psychischen zu den sozialen Phänomenen weit weniger grundlegend; gerade in kleinen sozialen Aggregaten ist ein soziales Phänomen in der Regel am besten dadurch zu fassen, indem man beobachtet, was die Beteiligten im gegenseitigen Bezug tun, denken oder fühlen. Die Eigenständigkeit sozialer Variablen ist gering; ihre Operationalisierung und Messung unterscheidet sich wenig von der Erfassung psychischer Observablen. Aus diesen Gründen ist es geradezu zwingend, die traditionellen Disziplinengrenzen zwischen der Psychologie und der Soziologie in dieser Hinsicht zu ignorieren (für bestimmte kulturelle und historische Phänomene, die in sehr grossen psychosozialen Systemen wie Gesellschaften und Kulturbereichen betrachtet werden können, mag das nicht zutreffen; hier existiert Komplexität des sozialen Systems durch die blosse Anzahl der interagierenden Individuen und es ist sinnvoll, von psychologischen Variablen zu abstrahieren).

Beispiele für die empirische Untersuchung von PSS in der vorliegenden Arbeit sind etwa die wiederholte Selbsteinschätzung der Gestimmtheit in einem Paar während einiger Ferienwochen (s. Abschnitt 8.4.4). Als Kontrollparameter können, wie bei einem KES, überdauernde Eigenschaften angrenzender KES und PSS wirken, allgemeiner, Variablen des sozialen Feldes des psychosozialen Systems. Darunter fallen ausdrücklich auch die Parameter der physischen Umwelt, die natürlich oder artifiziell, z.B. architektonisch ist (behavior settings nach Barker (1968)).

C) Therapiesysteme

Therapiesysteme (TS) sind als eigene Systemklasse wegen ihrer zentralen Bedeu-

tung für die klinische Psychologie und Psychiatrie gesondert aufgeführt. TS sind stets PSS, die sich in einer relativ konstanten therapeutischen Umwelt entwickeln.

Wendet man die Begrifflichkeit der ökologischen Psychologie an, so ähneln PSS den *behavior settings* (Kaminski, 1986). Der Begriff des behavior settings umfasst mehr als nur die physische Umwelt eines PSS; er bedeutet eine "Synomorphie" (strukturelle Ähnlichkeit) von physischem Milieu und dort üblicherweise beobachtbarem Verhalten. Der Begriff steht offensichtlich in engem Zusammenhang mit dem Isomorphie-Begriff der Gestaltpsychologie. Das Verhalten zeigt sich in "standing patterns of behavior", also charakteristischen Verhaltensmustern in einem fixierten ökologischen Kontext. Insbesondere die "standing patterns of behavior" erinnern an die Prozessgestalten, die im Kontext von Selbstorganisationsphänomenen auftreten und gerade innerhalb der klinischen Psychologie relevant zu sein scheinen. Betrachtet man allerdings Barkers (1968) Definitionen genauer, zeigt sich, dass sie mit der hier vorgenommenen Konzeptualisierung kollidieren. Der ökopsychologische Begriff abstrahiert vom konkreten Einzelindividuum: es geht bei den Mustern um statistisches *en masse behavior*. Auch ist die Existenz eines behavior settings örtlich und zeitlich verankert und umgrenzt; also erfüllt beispielsweise eine Familie, die unter verschiedenen Umgebungsbedingungen dieselben Verhaltensmuster aufweist, auch aus diesem Grund nicht die Voraussetzungen zur Anwendung der Begrifflichkeit. Beide Einschränkungen, die Abstraktion vom konkreten Einzelfall und die Notwendigkeit eines synomorphen Milieus, zeigen, dass der Begriff des behavior settings mit der Selbstorganisationsforschung nicht leicht vereinbar ist, anders als die Begriffe der Gestaltpsychologie, aus denen Barkers Konzepte hervorgingen.

Beispiele für TS in meiner Behandlung sind aus Fragebogendaten hervorgehende Beschreibungen von Therapieprozessen, die die Sicht von Klient und Therapeut widerspiegeln. Die empirischen Befunde zu TS werden in Abschnitt 8.3 dargestellt (s.a. Tschacher & Grawe, 1996).

Kapitel 7

Selbstorganisation in komplexen psychologischen Systemen

7.1 Von der Kognition zur Handlung

In den vorangegangenen Kapiteln habe ich gezeigt, wie ein Selbstorganisationsansatz im Zusammenhang mit komplexen psychologischen Systemen (KPS) ausgearbeitet werden kann. Als grundlegendes Konzept gehe ich vom kognitiv-emotionalen System (KES) eines Individuums aus, das als ein hierarchisches komplexes psychologisches System (KPS) definiert ist; auf einer basalen Mikro-Ebene umfasst es alle kognitiven und emotionalen Variablen, die ein Individuum psychologisch charakterisieren. Zum KES gehören auch Umweltvariablen, insofern sie perzipiert und psychisch repräsentiert sind. Ich habe in Kapitel 5 und 6 darauf hingewiesen, wie das KES als eine Weiterentwicklung des Lebensraum-Konzeptes bei Lewin (1936) aufgefasst werden kann. Aus dem KES gehen durch Selbstorganisation mikroskopischer Verhaltenskerne Prozessgestalten hervor, die als "Handlung" oder "Kognition" bewusst werden bzw. beobachtet oder erschlossen werden können.

Für sozialpsychologische und klinische Fragestellungen steht der Begriff des psychosozialen Systems (PSS) zur Verfügung. PSS entstehen durch die Kopplung zweier oder mehrerer KES. Wie in Postulat 6.1 vorausgesetzt, ist jedes individuelle KES, und somit auch ein Ensemble mehrerer KES (d.h. ein PSS), als komplex anzusehen.

In Abschnitt 6.2.1 ist ausgeführt, dass "komplex" im Sinne einer operationalen Definition verstanden werden soll: die Länge eines Algorithmus, den eine Turing-Maschine benötigt, um das System zu simulieren, dient als Maß für die Komplexität. Betrachtet man so allein schon die Anzahl der aktualisierbaren kognitiv-emotionalen Elemente eines Individuums (etwa durch eine Abschätzung der Kapazität des Langzeitgedächtnisses, also der Zahl abrufbarer deklarativer Gedächtnisinhalte und episodischer gelernter Verhaltenstendenzen) muss man von einer sehr komplexen "Grundausrüstung" des KES ausgehen. Die Anzahl kognitiver Freiheitsgrade ist sehr hoch.

Postulat 6.1 dient als Ausgangspunkt meiner Kennzeichnung dieser Systeme. Ich halte die Komplexität von KES und PSS für evident: Der erreichte Wissensstand nach 120 Jahren akademischer experimenteller Psychologie spricht für sich, er lässt die Komplexität ihres Gegenstands erahnen. Aus anderer Warte gesehen ist auch der hohe Stellenwert statistischer Methoden in der Psychologie ein Resultat der Tatsache,

dass in psychologischen Untersuchungen in aller Regel mit einem beträchtlichen Anteil "unaufgeklärter" Varianz zu rechnen ist. Auch dies spricht für die Komplexität des Gegenstands, unabhängig davon, wie man die Ursache der Stochastizität deklariert (als Messrauschen, als externe Fluktuation, als nicht erkannte Chaotizität der Systeme selbst etc).

Diese vorausgesetzte Komplexität steht nicht durchweg in Einklang damit, was wir in unserer phänomenologischen Erfahrung, aber auch den Ergebnissen empirischer Forschung vorfinden. Unsere Erfahrung zeigt, dass wir uns auf genau definierte, wenige Handlungen und Ziele "konzentrieren" können, die dann auch das Erleben, Denken und Wollen für eine gewisse Zeit vollständig oder weitgehend bestimmen. Komplexität kann also reduziert werden. Das erlebte Zentrum der Person, das "Bewusstsein" und "Selbst", bzw. die "Aufmerksamkeit", hebt nur bestimmte Sachverhalte hervor, während alles andere zum blossen Hintergrund verschmilzt. Zu den entsprechenden Phänomenen zählen beispielsweise das klassische "Cocktail-party-Phänomen" (Neisser, 1974) oder die von der Gestaltpsychologie untersuchten Kippfiguren. Auch objektivierende Beobachtungen und Studien zeigen, dass Systeme in der Psychologie in ihrer Komplexität stark reduziert sein können. Klinische Beobachtungen in verschiedenen therapeutischen Settings weisen etwa auf, wie sich die Interaktion und die Gesprächsinhalte auf für das jeweilige System spezifische Themen hin zubewegen. Die statistischen "Gesetze" der Lerntheorie (Skinner, 1953; Hull, 1952; Hilgard & Bower, 1966) belegen zudem die Existenz auch von einfachen Regelmäßigkeiten und Kausalzusammenhängen, denen KES folgen können.

Mit anderen Worten: in psychologischen Sachverhalten finden wir sowohl Komplexität als auch Ordnung. Erklärungsbedürftig ist vor allem letzteres: es stellt sich die zentrale Frage, wie in einem komplex angelegten System Ordnung zustandekommt. Mir scheint, dass die Kognitionspsychologie das Vorhandensein von Wünschen, Zielen und Absichten zu selbstverständlich als gegeben annimmt (Tschacher & Scheier, im Druck). Es liegt jedoch oft die grösste Herausforderung darin, das scheinbar Selbstverständliche zu verstehen.

Ich berichtete bereits oben (Kapitel 4), dass die Gestalttheorie, ausgehend von der Beobachtung der Ordnungsbildung, verschiedene damals geläufige Erklärungen für diese Ordnung als ungenügend zurückwies. Meiner Ansicht nach ist die Klärung des Ursprungs von Ordnung in psychologischen Sachverhalten auch heute ein nach wie vor aktuelles und vernachlässigtes Thema der theoretischen Psychologie.

Die Entstehung von Ordnung (Struktur, Muster, Kausalität, Vorhersagbarkeit) in Verhalten und Kognition ist in gegenwärtigen psychologischen Theorieansätzen unterschiedlich erklärt. Einige dieser Erklärungsmöglichkeiten — wie auch die sich daran anknüpfenden Probleme — will ich hier schematisch skizzieren:

- **1. Behavioristische Erklärung:** die Kontingenzen der Umwelt (die Situation) ordnen und formen das Verhalten.

Problem: Die Stimuli des Behaviorismus sind nur im streng kontrollierten Labor-kontext eindeutig verhaltensbestimmend. Ausserhalb einer idealen Umwelt liegen

jedoch eine Fülle von widersprüchlichen oder uneindeutigen Reizbedingungen vor: Im Feld ist es also eine aktive Leistung des Organismus, die relevanten Parameter aus dem Reizarray auszuwählen. Die Stimuli allein können die Ordnung im Verhalten nicht erklären.

- **2. Nativistische Erklärung:** präformierte neuronale Strukturen sind den Stimuli zugeordnet, die daher nur den Stellenwert von angeborenen Auslösemechanismen haben.

Problem: Überschlagsrechnungen belegen, dass das Genom weder genügend Information enthalten kann, den Aufbau des Organismus festzulegen, noch infolgedessen, das Verhalten des Organismus zu determinieren. Der Verweis auf die DNS verschiebt nur das Problem — es wird nun zu einem Problem der Evolutionsbiologie zu erklären, wie sinnvolles Verhalten auf eine spezifische Reizumwelt zustandekommt. Das Genom kann also nur eine Matrix für adaptives Verhalten bieten, aber nicht dieses steuern.

- **3. Kognitivistische Erklärung:** die Aufmerksamkeit (das Ich, das Unbewusste, das Bewusstsein) bewerten und ordnen das innere Abbild der Reize.

Problem: Die Schwierigkeit jeder kognitiven Repräsentationstheorie ist, einen kognitiven Dämon installieren zu müssen, der auf "höherem" Niveau vor dem identischen Problem steht: wie und was wird wahrgenommen? Das gleiche Dilemma betrifft jede Spuretheorie des Gedächtnisses: wer liest die Spuren?

- **4. Erklärung der klassischen Künstlichen-Intelligenz-Forschung:** ein Satz von Oberregeln prüft, vergleicht, testet auf Kohärenz, und bestimmt dadurch die Veränderungen am deklarativen und prozeduralen Wissen (Anderson, 1983).

Problem: Die "klassische" Künstliche-Intelligenz-Forschung, die sich auf die Verarbeitung von Symbolen stützt, hat gezeigt, dass diese Systeme nicht sinnvoll lernen können. Es lässt sich kein Satz von Regeln formulieren, die als oberste Instanz den Zuwachs der Wissensbasis so steuern können, dass die Adaption an die Randbedingungen gewahrt bleibt. Die so konzipierten "intelligenten" Expertensysteme, Produktionssysteme, tutoriellen Systeme zeigen, dass sie auf einen menschlichen Supervisor (d.h. einen systemexternen Dämon in Gestalt eines knowledge engineer) nicht verzichten können. Der Mensch funktioniert nicht analog einer Turing-Maschine (Edelman, 1992; Thelen & Smith, 1994; Pfeifer & Scheier, 1994).

Alle diese Ansätze scheitern also meiner Ansicht nach an der Aufgabe, Ordnung zu erklären. Warum? — Es ist diesen Argumenten eines gemeinsam: sie versuchen, einen Ordner in der Art eines Dämons oder **Homunkulus** zu etablieren, der letztlich die Musterentstehung plausibilisieren soll. Das zu Erklärende wird aber dadurch nur in ein neues Konzept gekleidet, d.h. der weiteren Untersuchung und Infragestellung entzogen. Ein impliziter "Erklärungswert" solcher Argumente liegt nur darin, dass sie von vornherein den Dämon an je unterschiedlichen Orten lokalisieren. Dadurch wird

erkenntlich, wo die Lösung des Problem vermutet wird (in der Reizumwelt, im Genom, in der Kognition), aber nicht, wie sie zustandekommen soll. Thelen & Smith (1994) fügen hier noch an, dass auch der beliebte Kompromiss des Interaktionismus keine Lösung bringt. Wenn Behaviorismus und Nativismus je für sich unvollständige Erklärungen liefern, kann auch eine nicht weiter konkretisierte Interaktion beider nicht aus der Sackgasse führen.

Die "klassische AI" zeigt durch ihr teilweises Scheitern darüber hinaus, wie der Dämon *nicht* ersetzt werden kann: die Ordnungsleistung von Organismen kann nicht auf einem Satz von Symbolen beruhen (Tschacher & Scheier, im Druck). Dabei spielt es keine Rolle, wie die Symbole repräsentiert sind: ob als Produktionen (Wenn-Dann Regeln in einem symbolverarbeitenden Computersystem) oder Kognitionen (z.B. belief systems), oder auch als genetisch fixierte Bauanweisungen für Proteine. Der Forschungsansatz der "physical symbol systems" bzw. "language of mind" (Fodor, 1987) hat nicht zur erhofften Konstruktion intelligenter Computerprogramme geführt. Dies deutet darauf hin, dass der zugrundeliegende theoretische Ansatz das psychologische Phänomen der Kognition nicht zutreffend erfasst (Edelman, 1992).

Wie aber kann dann die Ordnungsbildung im KES erklärt werden; wie kann dieses System sich kohärent verhalten und sich ein sinnvolles, funktionales Bild von der Welt machen? Meiner Ansicht nach liegt die Antwort im Phänomen der **Selbstorganisation**. Auf den ersten Blick ist diese Erklärung nicht sehr befriedigend: wird doch, nachdem die Suche nach Organisatoren und Ordnern (also Dämonen) ergebnislos verlief, die Erklärung scheinbar wieder nur "gesetzt", indem dem Explanandum "Organisation" der Zusatz "Selbst..." vorangestellt wird.

Es ist nun aber möglich, formal und allgemein zu zeigen, dass dem "Selbst...", also einem rekursiven, zirkulär-kausalen Prinzip, eine ordnende Funktion zukommt (Haken (1993, S. 137): "Note how the "self" is creeping into the machine"). Bereits zu den Ausgangspunkten der Systemtheorie und Kybernetik gehört das Phänomen der Stabilität im Sinne eines Gleichgewichts vom Typus "Punktattraktor": Systeme (Regelkreise), die aus mehreren oder auch vielen miteinander verkoppelten Variablen bestehen, können dazu tendieren, einen einzigen stabilen Zustand einzunehmen. Einflüsse der Umwelt werden durch das System in Richtung dieses Gleichgewichts "geregelt". Damit zeigt sich auf einem rudimentären Niveau bereits, dass in einem System eine ordnende Funktion wirken kann, die nicht auf eine ordnende Instanz (einen Dämon) zu verweisen braucht. Die notwendige Bedingung ist Rückkopplung und Dynamik: es muss zumindest eine geschlossene kausale Schleife vorhanden sein, und diese muss in einem Prozess durchlaufen werden.

Der systemtheoretische Begriff der Stabilität (der im übrigen bereits bei Fechner 1873 als "Prinzip der Tendenz zur Stabilität" auftaucht) wurde in dreierlei Weise weiterentwickelt:

1) Die Theorie dynamischer Systeme (Abraham & Shaw, 1992) beschreibt eine Vielzahl von *Attraktoren*: neben den Punktattraktoren gibt es periodische Attraktoren verschiedener Dimension (Grenzzyklen, Tori) und insbesondere die "seltsamen" oder

"chaotischen Attraktoren". Letztere weisen ein Verhalten auf, das unvorhersagbar und zufällig erscheint: nur eine genaue Analyse von Zeitreihen kann die hinter dem Chaos vorhandene homöostatisch-stabile (d.h. phasenraumkomprimierende) Dynamik belegen (Scheier & Tschacher, 1994a,b; siehe Kapitel 8).

2) Auch in der Selbstorganisationstheorie und Synergetik geht es um Attraktoren. Diese Ansätze zeigen aber zusätzlich, dass finitdimensionale Attraktoren auch in natürlichen Kontexten auftreten, die durch Dissipativität und hohe Komplexität der Systeme gekennzeichnet sind. Stabilität und Ordnung in komplexen Systemen bedeutet zusätzlich eine enorme Reduktion von Freiheitsgraden (d.h. relevanter Zustandsvariablen eines Systems). Die aus Sicht der statistischen Physik und Thermodynamik naheliegende Entropiezunahme, d.h. Abnahme von Ordnung und Struktur, gilt nicht uniform: unter Umständen entstehen in Systemen spontan Ordnungsparameter (Haken, 1983). Dies wurde bereits in vorigen Kapiteln ausgeführt. Zur genannten Bedingung der Rückkopplung kommt bei der synergetischen Erweiterung der Diskussion um eine "Ordnung ohne Dämon" also der Aspekt der *Dissipativität*, die Offenheit des Systems.

3) Zu den ältesten Problemen der Philosophie gehört das erkenntnistheoretische Subjekt-Objekt-Problem. In neuerer Zeit wird das Problem der Objektivität der Erkenntnis auch, wie bereits erwähnt, in der (Endo-)Physik diskutiert, ausgehend etwa von den Folgerungen der Unschärferelation der Quantenmechanik. Systeme, die sich selbst erkennen, und sich in dieser Erkenntnis zugleich wieder verändern müssen, sind das sich seiner selbst bewusste (menschliche) Individuum, aber auch das evolvierende Ökosystem. Vielleicht kann die Geschichte der Welt generell als eine Form der Evolution im Sinne der Höherentwicklung (Hegel, 1832) angesehen werden. Kurz, es sind komplexe Systeme angesprochen, die zu einer Form von "Kognition" fähig sind. Kognizierende Systeme können in die Lage kommen, sich selbst zu modellieren. Vieles weist darauf hin, dass für solche Systeme eine Tendenz besteht, sich zu einem Zustand am Rande des chaotischen Bereichs hinzuentwickeln ("edge of chaos"). Möglicherweise ist also ein Entwicklungsziel für Endosysteme in diesem Zustand der "selbstorganisierten Kritikalität" zu sehen (Bak & Chen, 1991; Kelso, 1992; Kauffman, 1993; Miller et al., 1993).

KES besitzen nun in der Regel die genannten Attribute neben der axiomatisch vorausgesetzten Komplexität: Rückkopplung, Dissipativität und Offenheit, und im Zusammenhang mit dem psychologischen Selbst, Selbstreferenz. Dies endlich eröffnet m.E. die Möglichkeit, analog wie bei selbstorganisierenden Systemen anderer Provenienz, Ordnungsbildung im KES ohne Rückgriff auf einen Dämon zu verstehen.

Die Idee ist, wie bereits in den Definitionen von Kapitel 5 vorbereitet, folgende: Der Zustand des KES zu einer gegebenen Zeit und in einer gegebenen Konstellation der physikalischen Umwelt ist in der Regel makroskopisch geordnet. Diese Ordnung kommt in zielgerichtetem und kohärentem Verhalten und in damit korrelierten überdauernden Kognitions-Emotions-Zuständen zum Ausdruck.

Diese Ordnung ist aber nicht eine Eigenschaft des KES, noch seiner Umwelt oder seines biologischen Substrats, sondern eine Prozessgestalt, die nur aufgrund des Zusammenwirkens von KES und Umwelt auf der Basis des Substrats zustandekommt. Hierbei sind als zusätzliche Randbedingungen die zirkuläre Kausalität und Dissipativität erforderlich. Solche Rückkopplungsmechanismen im KES sind in vielfacher Weise vorhanden: kognitiv-affektive Mikrokomponenten sind in kausale Schleifen eingebunden, durch die sie ihre eigene Veränderung mit verursachen. Dies wurde im Gleichungssystem (V.1), (V.2) folgendermassen ausgedrückt:

$$\left(\frac{d\vec{P}}{dt} = f_1(\vec{P}, \vec{U}, \nabla) + \varepsilon_t\right), \left(\frac{d\vec{U}}{dt} = f_2(\vec{P}, \vec{U}, \nabla) + \varepsilon_t\right).$$

Dieses Gesamtsystem ist die dynamisierte Definition des Konzeptes "Lebensraum". Es kommen darin die vielen Zustandsvariablen der Person (ausgedrückt als Vektor \vec{P}) und ihrer psychologischen (d.h. perzipierten und "repräsentierten") Umwelt vor, die als Vektor \vec{U} symbolisiert ist (s. Kapitel 5). Person und Umwelt sind in kausale Rückkopplungsschleifen eingebunden, da ihre Veränderung immer eine Funktion ihres Zustandes ist. Beide Variablen sind bei Lewin Bestandteil des Lebensraums; da das kognitiv-emotionale System als Gesamtheit aller psychologisch wirksamen Variablen definiert wurde, besteht auch das KES aus "Person"-Variablen und "wahrgenommene-Umwelt"-Variablen.

Selbstorganisation kommt dann zustande, wenn Valenzen beginnen, Nichtgleichgewichts-Potentiale aufzubauen. Dabei werden bestimmte einzelne $\{\vec{U}_{val}, \vec{P}_{val}\}$ "valent"; sie wirken als Ordner "versklavend" (Haken, 1990) auf die übrigen Komponenten des KES. Es kann dann unter den übrigen Komponenten des KES ein Musterbildungsprozess in Gang kommen, der zu einer Prozessgestalt führt.

Die Valenzen im KES strukturieren also das kognitiv-emotionale Gesamtsystem. Diese Strukturierung ist nicht als ein herkömmlicher Ursache-Wirkungs-Mechanismus in einem Kräftefeld zu verstehen, wie die klassische Gestalttheorie vorschlug, sondern als ein dissipativer Prozess. Es ist also nicht so, dass sich die kognitiv-emotionalen Komponenten gewissermassen entlang vorgegebener Feldlinien strukturieren — das Feld entspräche wieder einem Dämon. Stattdessen erzeugen die gekoppelten kognitiv-emotionalen Komponenten spontan und eigenaktiv eine Struktur, die geeignet ist, das Nichtgleichgewicht zu reduzieren.

Ein Beispiel für eine solche Struktur in physikalischen Systemen sind die regelmässigen Konvektionsformen des Bénard-Systems, die es dem Flüssigkeitssystem ermöglichen, das angelegte Temperaturgefälle optimal abzubauen: Konvektionsrollen sind unter gegebenen Umständen (eine Flüssigkeit mit bestimmter Viskosität, mit bestimmten Randbedingungen, sowie einer bestimmten am System anliegenden Temperaturdifferenz) die besten Wärmeleiter. Dies wird durch die Nusseltzahl, eine dimensionslose Kennzahl des Wärmeübergangs, ausgedrückt. Teleologisch interpretiert, erfüllt die Musterbildung einen Zweck (nämlich die Optimierung des Energiedurchsatzes). Es ist aber natürlich kein zielbewusstes, intentionales Subjekt vorhanden.

Es erhebt sich also unmittelbar als Frage: Wie "wissen" die Komponenten, welches die optimale selbstorganisierte Gestalt ist? Ebenso wie es zielgerichtete Handlungen seitens des Bénard-Systems nicht geben kann, sollen auch keine teleologischen Eigenschaften des KES angenommen werden — meine Intention ist ja, Musterbildung ohne Dämonen zu konzeptualisieren. Eine "darwinistische" Lösung bietet sich an dieser Stelle an: eine grosse Zahl von makroskopischen Mustern (in der Sprache der Synergetik: Moden) kann in einem komplexen System realisiert werden. Zwischen den konkurrierenden möglichen Mustern findet eine Selektion statt, ein "Darwinismus der Moden" (Haken & Wunderlin, 1991), wobei die in der gegebenen Situation instabilen Moden "gewinnen", wie in Kapitel 3 ausgeführt.

Übertragen auf KPS bedeutet das: die Valenzen lesen die prägnanteste Prozessgestalt (die optimale Mode) so aus, dass die an einem kritischen Punkt instabil werdende (also gewissermassen die am stärksten "betroffene") Variable durch ihre sensible Reaktion alle anderen Variablen "versklavt".

Aus der Voraussetzung der Dissipativität und Offenheit folgt, dass Valenzen solche Parameter sind, die eine informationelle und motivationale Schnittstelle zur nichtpsychologischen Umwelt des KES herstellen. Das KES grenzt an drei verschiedene Domänen der nichtpsychologischen Umwelt (Hülle des Lebensraums bei Lewin) der Person: die Kultur einer Sozietät, die physische Umwelt, den biologischen Organismus des eigenen Körpers; in sie ist der Lebensraum KES eingebettet, und aus ihnen stammen Fluxe von pragmatischer Information. Das "thermodynamische" Nichtgleichgewicht, aus dem die Selbstorganisation des KES gespeist wird, rührt von der Offenheit des KES gegenüber Einflüssen aus diesen nichtpsychologischen Bereichen. Sie bilden die Grundlage für Motivation, d.h. Valenz.

Der "motivationale" Begriff, der auf diese Weise eingeführt wird, beschreibt eine verhaltensaktivierende Funktion, die die Umwelt via Valenzen für das KES hat; die zielführende, verhaltenssteuernde Funktion der Motivation, die in der Psychologie üblicherweise einen dem Motivationsbegriff zugeordneten Aspekt ausmacht, wird dagegen erst durch die Selektion verschiedener kognitiver Prozessgestalten erzeugt. "Ziele" und "Intentionen", "Volitionen" entstehen durch Selbstorganisation plus Selektion; Motivation im Sinne von Aktivierung entsteht durch die Entfernung vom thermodynamischen Gleichgewicht. Der unspezifische Impuls der Motivation (die "Triebkomponente") entstammt der "Hülle nichtpsychologischer Tatsachen" Lewins. Die Umsetzung in Verhalten, also der kreative, problemlösende Anteil ist ein aktiver, spezifischer Beitrag des KES. Dieser Zusammenhang ist in Abb. 7.1 schematisch dargestellt.

Ich will dies an einem Beispiel erörtern: Sogenannte Kippfiguren (in Abb. 7.2: alte Frau vs. junge Frau) werden gern herangezogen, um die Aktivität des Wahrnehmenden bei der Wahrnehmung zu demonstrieren (vgl. Kapitel 4). Derselbe Stimulus kann dabei offensichtlich zur Wahrnehmung zweier verschiedener prägnanter Gestalten führen.

Eine Valenz ist in diesem Beispiel zunächst durch eine generelle Suchhaltung gegeben: wie kann die Stimulusinformation interpretiert werden? Menschen sind aus

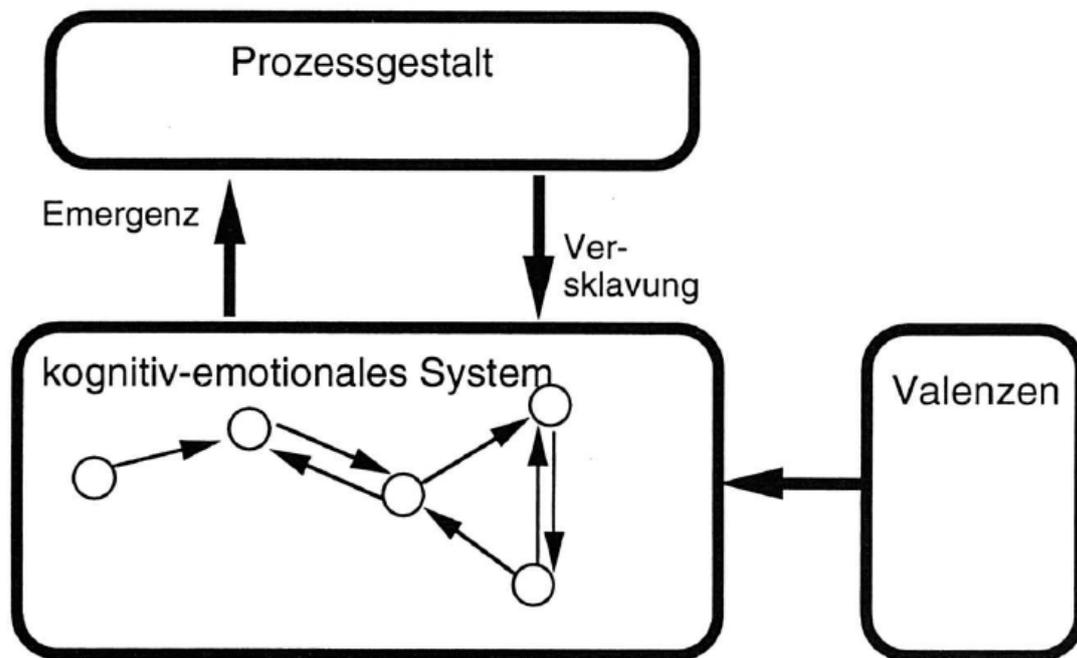


Abb. 7.1. Schematische Darstellung der motivationalen Aktivierung eines KES über Valenzen (vgl. Abb. 3.6)

phylogenetischen Gründen "informavores" (Miller, 1984; vgl. Tschacher, 1990). Die Lösung, eine menschliche Figur zu sehen, ist diejenige von vielen möglichen Gestalten, die die in der Problemstellung "Suchhaltung plus Stimulus" valente Spannung am sparsamsten reduziert. Das entsprechende Schema "versklavt" in kurzer Zeit alle anderen Interpretationen. Weitere Valenzen mögen individuell in unterschiedlicher Weise vorhanden sein: vielleicht befindet sich der Wahrnehmende in einer kulturell verankerten Situation, eher eine junge als eine alte Frau wahrzunehmen. Dieser kulturelle Parameter modelliert dann das Wahrnehmungsergebnis entsprechend einem Zeigarnik-Effekt. Reale psychologische Situationen sind häufig von mehreren gleichzeitig wirkenden Valenzen geprägt; das Zusammenspiel dieser Kontrollparameter entscheidet dann über die wahrgenommene Gestalt in einem Stimulusfeld.

Entsprechendes gilt für andere kognitiv-emotionale Ordnungsphänomene wie Gedanken, Ideen, Wünsche, Gefühle, Leidenschaften und für Handlungen. Es können dabei kompliziertere Kombinationen von Valenzen, oder auch "Ambivalenzen" eine Rolle spielen, so dass Gestalten resultieren, die weniger vorhersagbar, oder flüchtiger, oder weniger eindeutig sind. Meine Grundannahmen bleiben aber dieselben: es handelt sich auch hier um Kohärenz- bzw. Ordnungsphänomene in einem an sich komplexen (also potentiell völlig inkohärenten, mikroskopisch-chaotischen) kognitiv-emotionalen System. Die Prozessgestalten sind also Versuche der Bewältigung oder "Abarbeitung" von Valenzen.



Abb. 7.2. Kippfigur, in der eine alte Frau oder eine junge Frau erkannt werden kann

Wie ordnen sich diese Vorstellungen in den Kontext der psychologischen Handlungstheorie ein (z.B. Kuhl, 1983)? Heckhausen & Kuhl (1985) diskutieren in einem Flussdiagramm den Weg, den ein Individuum vom Wunsch bis zur tatsächlichen Handlung kognitiv zurücklegt. Dieser Weg wird als durchaus lang dargestellt:

- 1.) Der **Wert** (value, valence) eines antizipierten Zieles erreicht eine kritische Schwelle, woraus ein Wunsch entsteht (Kuhl (1983): WILL-Propositionen werden aktiviert);
- 2.) als nächstes wird die **Wahrscheinlichkeit** der Zielerreichung überprüft (**Erwartung**; Potenz bei Lewin), wodurch eine Handlungstendenz auf der Stufe der MÖCHTE-Propositionen resultieren kann.
- 3.) Schliesslich wird die **Relevanz** des Ziels ("OTIUM check") einzuschätzen sein, bevor aus der Handlungstendenz eine Intention und,
- 4.) nach einer **Selbstkontrollstufe**,
- 5.) eine ausgeführte **Aktion** wird.

Verglichen mit dieser und ähnlichen terminologisch elaborierten Wert-Erwartungstheorien ist die Vorstellung eines aufgrund von Valenzen sich organisierenden KES noch recht allgemein formuliert. Jedenfalls sind die in die kognitiven Handlungstheorien einzubauenden Prüfschleifen (bei Heckhausen & Kuhl findet ein Check von Wert, Potenz, Relevanz, Selbstkontrolle statt: wer aber prüft?) bei dem von mir vorgeschlagenen Selbstorganisationmechanismus implizit; wie dargestellt, erfüllt die Prozessgestalt Optimalitätskriterien bezüglich der Valenzen. Entspricht die Pro-

zessgestalt diesen Kriterien, ist sie "prägnant" im Sinne von Definition 5.6. Weiterhin laufen Handlungs- und Motivationstheorien immer Gefahr, einen Homunkulus des "Willens" (Ach, 1910) zu etablieren. Besonders deutlich scheint mir dies an Stellen zu sein, die eine Selbstkontrolle, Selbstverstärkung oder Selbstregulation zur Entscheidung über den weiteren Ablauf zur Handlung hin erfordern (Thoresen & Mahoney, 1974; Bandura, 1977; Kanfer, 1977). Das Homunkulus-Problem mit Hinweis auf funktionierende künstliche Systeme und philosophisches Halbwissen von Psychologen als Scheinproblem abzutun (Kuhl, 1987), reicht hier sicher nicht aus.

Im Konzept der Prozessgestalten entsteht bei der im Rahmen der Handlungsvorbereitung verlangten Selbstmodellierung ein Endosachverhalt (diesem Thema werde ich mich im nächsten Abschnitt widmen).

Ich möchte cursorisch dem eben genannten Schema des "Wünschen-Wählen-Wollens" (Heckhausen, 1987), das als Abfolge von Propositionen WILL über MÖCHTE bis hin zu Intention und Handlung dargestellt wurde, nachgehen. Ein Wunsch ist ein Verhaltenskern unter potentiell vielen; wenn er beginnt, aufgrund von Kontrollparametern valent zu werden und das KES zu strukturieren, entsteht ein Möchten (want). In kognitivistischer, intentionaler Sprache ist dies die Stufe, auf der Erwartungen über die Zielerreichung überprüft werden. In der von mir präferierten Terminologie hat die Bildung einer Prozessgestalt eingesetzt, was eine Selektion von Verhaltenskernen unter der Prägnanzvorgabe, möglichst optimal die Valenzspannung zu beseitigen, auslöst. Das Erreichen einer hinreichenden Prägnanz der Prozessgestalt bedeutet die Initiierung der Handlung. An dieser Stelle entsteht notwendig ein Endosystem, denn die Prozessgestalt beginnt, die Valenzen zu verändern. Zugleich entscheidet sich das Schicksal der Handlung: bleiben die Valenzen stabil und wirksam, so wird die Handlung weiter durchgeführt. Auch eine Valenzänderung in gewissem Rahmen kann die Prozessgestalt unverändert lassen. Als andere Möglichkeit besteht, dass eine neue Prozessgestalt (mit neuer Handlungsumsetzung) emergiert: dann ist die vorausgegangene Handlung beendet (oder abgebrochen) worden. Geschieht dies in einer frühen Phase der Umsetzung, kommt es u.U. zu überhaupt keiner offenen Handlung. Wie man sieht, ist dieser Konzeptualisierung von Handlungsregulation die Vorstellung von einem Handlungsfluss inhärent: schon bei der Implementierung der Handlung ändert sich kontinuierlich die dynamische Grundlage der laufenden Handlung(en).

In Tab. 7.1 sind die wesentlichen Bestandteile der drei verwandten Theorien Gestalttheorie, Synergetik und die hier vertretene Psychologie komplexer psychologischer Systeme aufgeführt. Die Entsprechungen in der Konzeptualisierung dieser drei Selbstorganisationstheorien sollen dadurch verdeutlicht werden. Als Referenz ist die Handlungstheorie dargestellt.

	Synergetik (Haken)	Gestalt- theorie (Lewin)	KPS-Psycho- logie	Handlungs- theorie (z.B. Kuhl)
System	System (z.B. Laser mit Energiequelle)	Lebensraum (Person und psychol. Umwelt)	KES, PSS (Gleichungssystem (V.1),(V.2))	informations-verarbeitendes System
Muster	Attraktor des Makrosystems	Gestalt	Prozessgestalt $\{\vec{U}_{val}, \vec{P}_{val}\}$ (Gedanke, Handlung, Wahrnehmung)	Ziel, Intention, Wunsch, Handlung
Kontroll- parameter, "Dämon"	Nichtgleichgewichtszustand des Systems, Flux von Materie oder Energie	Feld, Aufforderungscharakter	Valenzen als Motivation, Flux von Information	Motivation und Volition, Affordanzen
Umwelt	Universum	Hülle nichtpsychologischer Tatsachen	Kultur, Genom, Physis	wahrgenommene Umwelt
Funktions- weise	Komplexität, offene Systeme	Prägnanzprinzip	Rückkopplung, Dissipativität, Endosystem	Prüfen von Propositionen in Regelkreis-hierarchien

Tab. 7. 1. Gegenüberstellung der im Text angesprochenen Theorien (die Synergetik als interdisziplinäre Metatheorie ist als auf anderer Ebene befindlich vorangestellt)

7.2 Selbstorganisation in Endosachverhalten?

Die Unterschiedlichkeit eines Endo- und eines Exo-Zugangs bei der Systemmodellierung wurde schon oben in Kapitel 6 angeführt: der Versuch einer Objektivierung durch eine Beschreibung eines Systems von aussen ("exo") beruht auf einer Idealisierung. Diese besagt, dass der Akt der Beobachtung nicht interaktiv sei, d.h. das System soll sich durch die Beobachtung nicht verändern. Dann gelingt eine gültige und replizierbare Beschreibung des Systems ("Einstein measurement" nach Crutchfield (1994), vgl. Abb. 6.1).

Der Endozugang versucht, ohne diese Annahme auszukommen, und akzeptiert, dass die Beobachtung nicht nur Information vom System zum Beobachter transportiert, sondern zugleich auch in umgekehrter Richtung ("Heisenberg measurement", vgl. Abb. 6.2). Damit wird der Beobachter zu einem Teil des Systems; er müsste folglich sich selbst und seine Beobachtungen mitbeobachten, um zu einer validen Aussage über das System von innen her ("endo") zu kommen. Deshalb gelangt er mit der Beobachtung nie an ein "objektives" Ende, sondern begibt sich in einen infiniten Regress (angedeutet in Abb. 6.3).

Das Dilemma jeder Beobachtung lautet auf den prinzipiellen Punkt gebracht also folgendermassen: entweder unter einer (im Prinzip unzutreffenden) Voraussetzung objektiv sein, oder versuchen, in einen nie endenden Strom von subjektiver "Erkenntnis" eintauchen. Dieses Dilemma, das Subjekt-Objekt-Problem der Philosophie, steht im Hintergrund zahlreicher Dispute auch gerade im Bereich der Psychologie: die Auseinandersetzungen um eine naturwissenschaftliche oder verstehende, geisteswissenschaftliche Psychologie, der Positivismusstreit, die Unterscheidung von Realismus versus Konstruktivismus und von nomothetischer versus idiographischer Perspektive beziehen sich stets hierauf.

In der Diskussion des hier vertretenen Ansatzes einer dynamischen Psychologie, die sich mit komplexen Systemen befasst, habe ich mehrmals betont, dass die nicht-lineare Dynamik eine integrative Funktion bekommen kann, wobei sie die herkömmlichen "prinzipiellen" Unterscheidungen aufhebt: ein Beispiel ist, dass selbstorganisierte Musterbildung nicht länger nur als eine Eigenschaft von lebenden oder intentionalen Systemen angesehen wird. Sollte es also möglich sein, auch Endosysteme (also Systeme, die nur von einem partizipierenden Beobachter beobachtet werden können) mit Hilfe des dynamischen Ansatzes zu fassen? Anders gestellt lautet die Frage: Zeigen Endosysteme ebenfalls eine Form von Musterbildung? Lassen sich Endosysteme modellieren?

Ein Kennzeichen von Endosystemen ist nach der obigen Charakterisierung, dass sie stets (auch) kognitive Systeme sind, denn sie umfassen definitionsgemäss zumindest einen (partizipierenden) Beobachter. Ein Endosystem ist also ein selbstreflexives kognitiv-emotionales oder psychosoziales System. Wie oben angeführt, kann man mit einer gewissen Berechtigung vertreten, dass *jedes* KES und PSS nur endopsychologisch verstanden werden kann, d.h. nie endgültig beschrieben werden kann (die Position des radikalen Konstruktivismus: Maturana & Varela (1987)). Wenn ich jedoch prinzipielle Festlegungen vermeide und pragmatisch vorgehe, so muss es ein Mass geben, das ein Kontinuum der Selbstreflexivität eines KES oder PSS beschreibt. Dieses Mass könnte als der "**Selbstmodellierungsgrad**" (SM) eines Systems bezeichnet werden.

Definition 7.1: Das Ausmass der Endo-Systemizität eines Systems wird durch den Selbstmodellierungsgrad SM beschrieben.

Je intensiver und häufiger ein System sich selbst zu modellieren sucht, bzw. interne Beobachter sich und ihre Systemumgebung zu modellieren suchen, desto mehr Endo-Eigenschaften kommen dem System zu. Was sind "Endo-Eigenschaften"?

Die zentrale Eigenschaft von Endosystemen ist, dass sie gewissermassen nicht "zur Ruhe kommen". Ein System mit hohem SM ist ein System, das durch fortwährende Emergenz *neuer* Systemvariablen charakterisiert ist, das sich selbst modifiziert (Kampis, 1991). Diese *Diversifikation* kann dazu führen, dass es nichtstationär ist, d.h. seine Dynamik wechselnden Regimes unterworfen ist. Systeme mit hohem SM

produzieren laufend neue Information und Komplexität. Sie sind, auch wenn sie nicht chaotisch sind, nichtvorhersagbar. Wenn diese Systeme zudem noch selbstorganisierend (da komplex und dissipativ) sind, so können sich die verschiedenen dynamischen Regimes in rascher Folge ablösen. Bezüglich des "Erfindens" stets neuer Variablen und Dynamiken sind Endo-Systeme also "kreativ".

Systeme mit niedrigem SM sind besser mit deterministischen Methoden modellierbar. Wenn sie eine finitdimensionale chaotische Dynamik entwickeln, bleiben sie in dieser stationär, solange die Kontrollparameter konstant bleiben. Solche Systeme sind insgesamt stabil: ihr Phasenraum enthält überdauernde Attraktoren. In Begriffen der nichtlinearen Zeitreihenanalyse gesprochen, sind sie kurzfristig gut prognostizierbar, zeigen einen geringen "Rauschpegel", auch bei sonstiger sensibler Abhängigkeit von Anfangsbedingungen. Ihre Nichtprognostizierbarkeit unterscheidet sich von der der Systeme mit hohem SM dadurch, dass sie allein aufgrund der Chaotizität und des Umweltrauschens zustandekommt, nicht aufgrund einer inhärenten Nichtstationarität.

Die "Kreativität" (im Sinne von Informationsproduktion) von Systemen mit niedrigem SM ist eine direkte Funktion der sensiblen Abhängigkeit, die durch einen positiven Lyapunov-Exponenten ausgedrückt ist. Diese "Kreativität" ist gewissermaßen "semantisch leer", denn sie erzeugt keine neue Prozessgestalt im Sinne eines emergenten, selbstorganisierten Musters. Diversifikation hingegen, wie sie in selbstorganisierenden Endosystemen auftritt, ist die Entstehung neuer Information durch die Emergenz von sich ablösenden Prozessgestalten.

Betrachten wir hier zunächst einige Beispiele für Endosysteme (vgl. Abb. 7.3 und 7.4):

- Das **psychologische Selbst** ist ein Resultat des Endosystems KES eines "selbstbewussten" Individuums. Das Selbst ist ein wesentlicher Gegenstand psychologischer Theoriebildung, wenn auch im Licht einer positivistischen Psychologie ein sehr problematischer Gegenstand. Ich werde in Kapitel 9 begründen, dass das Selbst als eine Prozessgestalt verstanden werden kann, die auf sozialer Kognition gründet. Die Valenz, die zur Herausbildung dieser endosystemischen Gestalt führt, ist ein in einer interaktionellen Bifurkation (Rössler, 1992b) entstehendes "Erkenne dich selbst".

- **Therapiesysteme** (TS) sind gleichfalls zu den Systemen mit potentiell hohem SM zu rechnen: Es ist in nahezu allen psychotherapeutischen Schulen anerkannt, dass die therapeutische Beziehung als wichtiger (wenn nicht sogar, wie in der Psychoanalyse, hauptsächlich) Wirkfaktor des Therapieprozesses anzusehen ist. Jeder im TS Beteiligte beobachtet und manipuliert diese Beziehung, um über sich und das Gegenüber Erkenntnis zu gewinnen. Der SM variiert mit dem therapeutischen Setting und ändert sich darüberhinaus im Verlauf der Therapie. Anfangsphasen einer Therapie sind stark endosystemisch geprägt. Dies gilt ebenso für offene und nicht vorstrukturierte

rierte therapeutische Interventionen (z.B. die freie Assoziation in der Psychoanalyse im Vergleich zu einem Verhaltensmodifikationsprogramm). Eine Untersuchung zu Therapiesystemen wird in Abschnitt 8.3 dargestellt und in Kapitel 9 diskutiert.

- Die **Evolution** der Lebewesen beruht nach Darwin auf Variation und Selektion innerhalb eines Ökosystems. Die Fitness der einen Spezies hängt von der Fitness der mit ihr in Kontakt stehenden anderen Spezies ab; Ursachen und Ergebnisse sind im Koevolutionsprozess interdependent (Kampis, 1994). In der oben eingeführten Ausdrucksweise: die Kontrollparameter werden ständig in das Evolutionssystem miteinbezogen. In diesem Zusammenhang kann ein Ökosystem als ein Endosystem angesehen werden, denn jede Spezies stellt in ihrer je besonderen Anpassung an ihre Umwelt eine Art biologischer Modellierung dieser Umwelt dar (vgl. die evolutionäre Erkenntnistheorie bei Lorenz, 1973). Die Anpassung einer Spezies kann als eine Form biologischer Kognition gedeutet werden. Jede Spezies ist deshalb ein interner "Beobachter" des Ökosystems, dessen Teil sie ist; jede Anpassung der einen Spezies verändert das Ökosystem und löst in der Folge eine Lawine konkurrierender Anpassungen (und Anpassungsanpassungen etc.) aus. Ökosysteme können deshalb als selbstorganisierende Endosysteme angesehen werden (Kauffman, 1993; Waldrop, 1993), deren Komplexität und Diversifikationsgrad sich beständig erhöht.

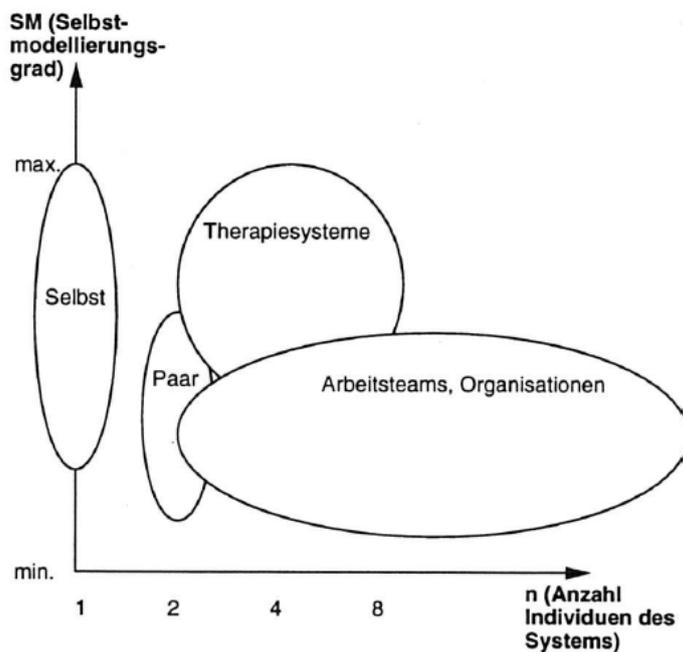


Abb. 7.3. Lokalisierung verschiedener psychosozialer Systeme hinsichtlich ihres Selbstmodellierungsgrades

- Beispiele für **soziale Systeme**, die ich im Zusammenhang mit dem Endosystembegriff anführen kann, sind die Börse und andere Marktsysteme. Die Börse etwa kann verstanden werden als die Menge aller Beobachter von Aktienkursen, die

selbst mit der Kursentwicklung spekulieren. Es entsteht ein hoher SM durch den Wettbewerb um einen Modellierungsvorsprung, da ein solcher Vorsprung direkten Profit verspricht: Gewinnerwartungen sind die Valenzen in Marktsystemen. Dieser Wettbewerb wirkt rekursiv auf den Stand der Kurse bzw. Preise (also den Zustand des Systems) zurück. Man sagt, dass jede Nachricht über Gewinnerwartungen und vermutete Kursentwicklungen, sobald sie verbreitet wird, bereits als Information in den Kursen enthalten ist. Die Dynamik von Aktienkursen reflektiert diese schnellen Rekursivitäten: Aktienkurse sind sprichwörtlich erratisch und wenig vorhersagbar. Die Hoffnungen der letzten Jahre, mit Mitteln der Chaostheorie den Finanz- und Aktienmarkt besser modellieren zu können, hat meines Wissens nicht zu überzeugenden Ergebnissen geführt. Dies ist aus endosystemischer Sicht nicht überraschend, da diese Systeme mit hohem SM instabil und nichtstationär sein sollten. Die Einführung schnellerer datentechnischer Schnittstellen hat den Grad der Diversifikation und Stochastizität noch erhöht, mit der Folge spontaner lawinenartiger Kurseinbrüche. Würde der SM wieder reduziert (etwa durch Verlangsamung der Transaktionen), würde sich das System restabilisieren.

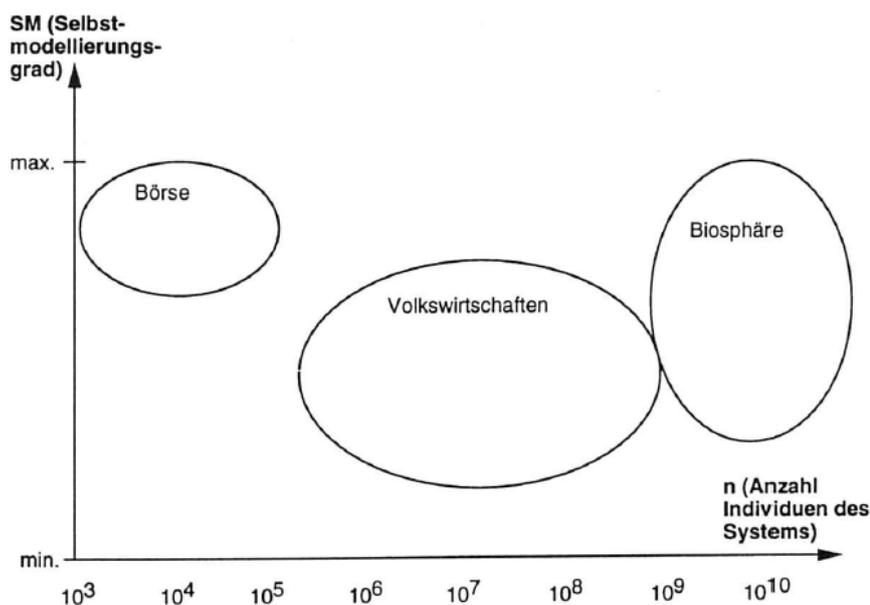


Abb. 7.4. Lokalisierung verschiedener sozialer Systeme mit grossem n hinsichtlich ihres Selbstmodellierungsgrades (vgl. Abb 7.3)

Zusammenfassend lässt sich sagen: Wenn Endosysteme komplex sind, können sich durch horizontale Rekursion der vielen Komponenten auf der Mikroebene Ordner (Ordnungsparameter) herausbilden; diese makroskopischen Variablen treten aber in Interaktion mit den Kontrollparametern. Bei hohem SM wird jeder Ordnungszustand von internen Beobachtern modelliert; Ordnungsparameter werden dadurch zu Valenzen (Kontrollparametern), die eine weitergehende Dynamik anheizen können.

Beide Parameter werden sozusagen vom System einverleibt, werden zu systeminternen Variablen. Endosysteme haben keine stabile Systemgrenze.

Damit verschwimmt in Endosystemen die in der Synergetik vorausgesetzte Unterscheidung zwischen Kontroll- und Ordnungsparametern. Der eine Ordnungsparameter wird zur Randbedingung für den anderen, d.h. zu einem Kontrollparameter. Endosysteme sind also gewissermassen selbstorganisierende Systeme zweiter Ordnung.

Formal kann über Endosysteme folgendes gesagt werden: In ihnen wirken einerseits Valenzen, die durch horizontale Rekursion zu einer selbstorganisierten Reduktion der Systemkomplexität führen; die Systeme tendieren also in Richtung auf Musterbildung und Attraktoren. Zusätzlich bewirken diese Valenzen eine weitergehende Dynamik, die auf der Selbstmodellierung innerhalb des Systems beruht. Die Selbstmodellierung führt direkt zu einer Erhöhung der Komplexität des Systems, indem durch vertikale Rekursion relevante "kognitive" Metaebenen entstehen. Endosysteme tendieren also (u.U. zusätzlich) auf Diversifikation, d.h. auf Veränderung, Entwicklung und Destabilisierung.

Die Komplexität E eines komplexen Endosystems besteht also aus zwei Komponenten; der horizontalen Komponente E_H und der vertikalen Komponente E_V . Für E gilt damit:

$$E = E_H + E_V \quad (\text{VII.1})$$

In einem selbstorganisierenden Endosystem gilt weiterhin, da die horizontale Komplexität E_H sich reduziert, die Komplexität aufgrund der Selbstmodellierung E_V dagegen wächst:

$$\begin{aligned} \frac{dE_H}{dt} &\leq 0 \\ \frac{dE_V}{dt} &\geq 0 \end{aligned} \quad (\text{VII.2})$$

Man findet also zwei unterschiedliche und gegenläufige Prozesse in einem Endosystem: **Selbstorganisation versus Diversifikation**. Beobachtet man das Endosystem A als Exo-Beobachter (d.h. im Prinzip, schachtelt man das System A in ein weiteres Endosystem ein, und versucht dabei, A "möglichst wenig" zu beeinflussen), hängt es damit von SM ab, ob überhaupt ein beobachtbarer netto-Musterbildungsprozess ($\frac{dE}{dt} < 0$) zu beobachten sein wird.

Diese Fallunterscheidung kann an der Metapher der Potentiallandschaft verdeutlicht werden (s. Abschnitt 9.3.1; Tschacher & Brunner, 1997). Bei niedrigem SM (gegeben sei also ein "deistischer" Beobachter; Ordnungsparameter beeinflussen die Systemumwelt wenig) findet sich das in der Synergetik beschriebene Bild einer stabilen Potentiallandschaft, d.h. die "Kugel" (die den Systemzustand symbolisiert)

sucht eine Potentialsenke (den Attraktor) auf. Bei steigendem SM (ein System hat innere Modelle seiner selbst und/oder Valenzen des Systems interagieren mit den Prozessgestalten) wird die Potentiallandschaft plastisch: die Kugel verändert die Landschaft durch ihr Rollen. Einem hohem SM entspricht eine fluktuierende Landschaft; das System wird sich entsprechend nichtstationär-stochastisch verhalten (Waldrop, 1993).

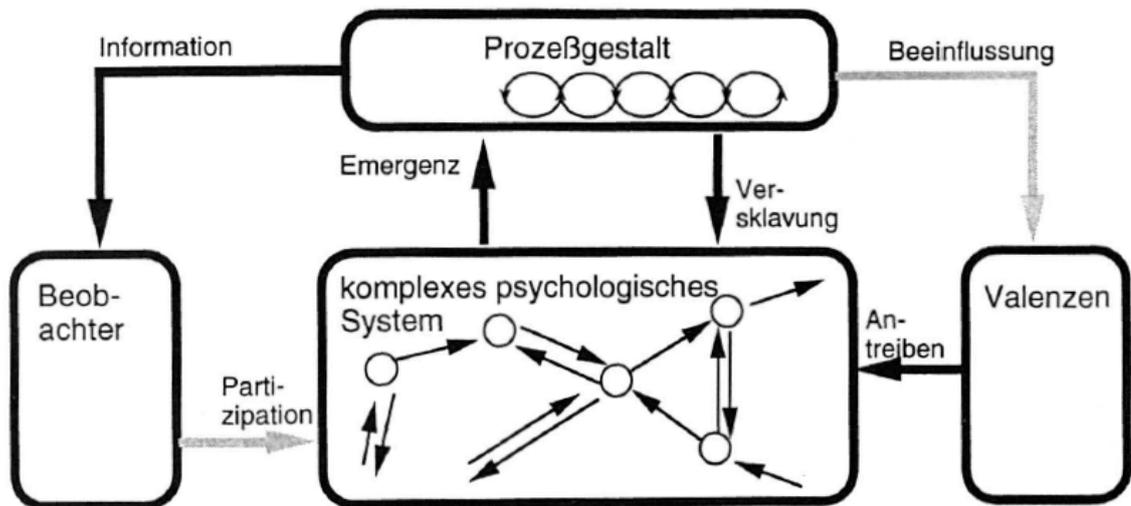


Abb. 7.5. Schematische Darstellung eines selbstorganisierenden KPS unter Berücksichtigung eines Beobachters. Graue Pfeile korrespondieren mit der Entstehung eines Endosystems

Abb. 7.5 kann verdeutlichen, dass systeminterne Beobachter, also Selbstmodellierung, und die Zirkularität zwischen Ordnern und Kontrollparametern logisch identisch sind. Definition eines Beobachters ist, dass er eine Einstein-Beobachtung durchführt, also — im Falle eines selbstorganisierten Systems — Information vom System erhält. Dies ist symbolisiert durch den Pfeil "Information", der von der phänomenologisch zugänglichen Makroebene des Systems ("Prozessgestalt") zum Beobachter führt. Ein analoger Fall ist dadurch gegeben, dass ein Kontrollparameter nicht einseitig das System antreibt, sondern mit den entstehenden Systememergenzen wechselseitig verkoppelt ist. Der Kontrollparameter erhält also Information vom System ("beobachtet"), das er antreibt. Wenn dies der Fall ist, wenn also der Systembeobachter valent wird, und/oder die Valenzen des Systems dieses "beobachten", sprechen wir von einem Endosystem.

Definition 7.2: Ein Endosystem ist charakterisiert durch valente Beobachter und/oder durch "beobachtende", mit den Systemordnern gekoppelte Valenzen.

Ausgehend von Gleichung (VII.2) können Fälle unterschieden werden. Bei gegebenem E_H soll hier nur die vertikale Komponente E_V betrachtet werden:

- 1.) Valenzen sind spezielle Parameter, die die Gleichgewichtsferne des dissipativen Systems definieren. Daher sind nicht alle Rückwirkungen eines Beobachters auch valent, bzw. bedeuten eine echte Partizipation. Die Auffassung des radikalen Konstruktivismus, dass Beobachtung *prinzipiell* das System in nicht bestimmbarer Weise beeinflusst, ist zurückzuweisen. Es ist ja zu berücksichtigen, dass die hier behandelten Systeme selbstorganisierte Systeme sind, also eigenaktive Systeme mit Attraktoren; es ist nicht plausibel, dass der reine quantenmechanische Beobachtereinfluss nach der Heisenbergschen Unschärferelation, der prinzipiell stets vorhanden ist, auch in stabilen Makrosystemen immer makroskopisch wesentliche Wirkungen zeitigt (Beispiel aus der Psychologie: unbemerkte oder "vergessene" Beobachtung, etwa Beobachten von Kindern beim Spiel).

- 2.) Der endosystemische Einfluss kann monoton und akkumulierend sein oder stochastisch. Wenn z.B. die Valenzen so an die Ordner gekoppelt sind, dass erstere monoton in Richtung Gleichgewichtsferne wachsen, kann das System etwa eine Bifurkationskaskade von einfachen Attraktoren zu chaotischen Attraktoren durchlaufen. Es findet eine Diversifikation im Sinne einer Evolution statt. Gibt es dagegen keine spezifische, gerichtete Beeinflussung, verändert sich lediglich die Stochastizität des Systems (Parameterrauschen, dynamisches Rauschen).

- 3.) Endosysteme können auch in Koevolution resultieren: zwei ursprünglich unabhängige Systeme werden wechselseitig füreinander valent. Sie diversifizieren sich auf individueller Ebene, auf einer höheren "sozialen" Ebene bilden sie ein gemeinsames System (z.B. ein PSS), für das neue Ensemble-Valenzen gelten.

Damit lassen sich auch Auswirkungen auf den Verlauf von Handlungskontrolle oder Handlungsregulation in KES (kognitionspsychologisch: Kuhl, 1983; Heckhausen, 1989; Gehm, 1991) diskutieren. Am Ende von Abschnitt 7.1 wurde der "lange Weg vom Wunsch zur Handlung" angesprochen. Die aufgrund der im Feld des KES vorhandenen Valenzen sich formierende Prozessgestalt könnte in der Terminologie von Heckhausen & Kuhl (1985) als Intention (Handlungsabsicht) figurieren; die Prüfung von Wert (value) und Erwartung (Potenz) sowie der verschiedenen Relevanzkriterien (OTIUM: *opportunity, time, importance, urgency, means*) erfolgte im Selbstorganisationsprozess durch die "darwinistische" Selektion von Verhaltenskernen (Moden), die dem Optimalitätskriterium der Valenzreduktion unterworfen ist. Im Prinzip ist damit in meinem Modell der Weg zur Implementierung der Handlung abgeschlossen; viele Handlungen erfolgen auf diese Weise automatisch bzw. stark "affordanzgesteuert" (um hier auf Gibson (1979) hinzuweisen, der den Lewinschen Valenzbegriff im Rahmen seiner ökologischen Theorie zu einem Konzept der Affordanz weiterentwickelte). "Exo-Handlung" ohne Selbstmodellierung ist also fraglos

möglich und alltäglich.

Nun ist es aber in der zeitlich mehr oder weniger ausgedehnten Phase der Entstehung einer Prozessgestalt ("Handlungsvorbereitung") auch möglich, dass sich im Zuge des selektierten Verhaltens die Valenzen, die ihm zugrundeliegen, verändern. Folgende Fälle sind möglich:

- Diese Veränderung der Valenzen mag vom KES unabhängig (exosystemisch) verursacht sein, gewissermaßen eine aussenverursachte Nichtstationarität darstellen.
- Die Valenzen können aber auch durch die Prozessgestalt, die das Verhalten steuert, rekursiv beeinflusst sein. In diesem Fall wäre also ein Endosystem entsprechend Abb. 7.5 entstanden: Kontrollparameter (Valenzen) und Ordner (Prozessgestalt) treten in Wechselwirkung.
- Eine kognitive Selbstmodellierung und Selbstreflektion wurde valent, wie sie etwa bei Individuen mit hoher Lageorientierung (Kuhl & Beckmann, 1994) erwartet werden kann.

Je nach Stärke und Art der Beeinflussung der Valenzen beginnt sich dann die Prozessgestalt bereits entsprechend zu ändern, während sie noch aktiv ist. Im Extrem kann der Handlungsimpuls noch in der Verhaltensausführung umschlagen (Ambivalenz). Es ist weiterhin möglich, dass noch unter dem Verhalten sich die Prozessgestalt diversifiziert. Im Vergleich zu den Flussdiagrammen der Handlungstheoretiker scheint mir der Ansatz der Prozessgestalten realistischer zu sein, da er die Möglichkeit vorsieht, dass das Verhalten kontinuierlich mit den es bedingenden Valenzen in Kontakt steht; dies ist besser kompatibel mit der Konzeption eines Verhaltensstroms, mit dem "Flusscharakter menschlicher Verhaltensäusserungen", auf den Gehm (1991) verweist.

Weder ist es notwendig, von ineinander eingeschachtelten Regelkreisen und TOTE-Sequenzen (Miller et al., 1960) auszugehen, die mehr oder weniger mechanisch abzuarbeiten sind, noch braucht eine vorgegebene schritthafte Abfolge über den "Rubikon" hinweg (Heckhausen et al., 1987) eingehalten zu werden. Auch die Frage der Mehrfachhandlungen und Mehrfachziele (Kaminski, 1973; Fuhrer, 1984; Gehm, 1991) kann mit dem Selbstorganisationsmodell der "Prozessgestalt Handlung" modelliert werden: sind entsprechende Valenzbereiche gegeben, entwickeln sich Dynamiken, in denen mehrere Verhaltenskerne als Ordner aktiv sind, sich abwechseln bzw. konkurrenzieren. Diese Dynamiken mögen etwa deterministisch-chaotisch sein (Skarda & Freeman, 1987; Nicolis, 1986); dies könnte ihr rasches und adaptives Umschlagen bei kleinsten Valenzänderungen im Endosystem Handlung erklären.

Kapitel 8

Empirische Studien von Prozessgestalten

Die Untersuchung von Prozessgestalten bedeutet eine Beschreibung der zugrundeliegenden Systeme in der Zeit. Im Zentrum dieses empirischen Abschnittes stehen also Zeitreihen, was natürlich nicht ausschliesst, dass Kennzeichen der Zeitlichkeit von Systemen auch im Querschnitt untersucht werden können (sobald nämlich mehrere vergleichbare Systeme jeweils longitudinal erhoben wurden).

Die hier analysierten Daten haben gemeinsam, dass sie sozialpsychologisches und klinisch-psychologisches Interesse an *Prozessen* verraten, seien es nun Prozesse einer psychischen Störung oder Prozesse einer (therapeutischen) psychosozialen Interaktion. Die Zeitreihen der folgenden Studien sollen zunächst im Überblick charakterisiert werden:

- Die untersuchten komplexen Systeme lassen sich danach einteilen, ob sie ein einzelnes Individuum (KES) oder ein psychosoziales System (PSS) abbilden.
- Eine wichtige Unterteilung ist weiterhin durch die *Stationarität* gegeben, also durch die Frage, ob die Art des Prozesses über den Untersuchungszeitraum hinweg gleich bleibt oder variiert: die stationären Daten lassen Aussagen über überdauernde dynamische Regimes (Prozessgestalten) erwarten, während anhand von nichtstationären Datensätzen die grundlegenden Fragen der Phasenübergänge und Komplexitätsveränderungen in (evtl. Endo-)Prozessen und Prozessgestalten diskutiert werden können.
- Schliesslich ist es angesichts der einsetzbaren Methoden von Bedeutung, ob es sich um Einzelzeitreihen oder um multiple kovariierende Zeitreihen handelt.

Daten zur Dynamik von **KES**, also von Individuen, wurden zumeist im Zusammenhang mit der Untersuchung von — im weitesten Sinne — psychopathologischen Verläufen erhoben. Dazu zählen die Psychotizitätsdaten, die von Betreuern schizophrener Menschen täglich geratet wurden (Tschacher et al., 1997a,b; "Soteriastudie"). Die Verläufe psychosozialer Krisen (Tschacher, 1996; "Krisenstudie") wurden durch eine Form des Selbstmonitoring der Patienten abgebildet; Krisenverläufe sind offensichtlich nichtstationär. Einige Einzelzeitreihen beschreiben Beispiele von Rauchverhalten, täglicher Befindlichkeit und Aggressionsverhalten; diese können als stationäre Systeme aufgefasst werden. Schliesslich sollen auch physiologische Zeitreihen beschrieben werden. Stationär sind hierbei die EKG-Ableitungen; nichtstationär die Zeitverläufe zur Entwicklung des Schlafverhaltens.

Systeme mit mehreren beteiligten Individuen, also **PSS**, stehen insbesondere aus Therapiesystemen zur Verfügung. Solche Zeitreihen können zusätzlich auch hinsichtlich ihrer Kovariation analysiert werden. Damit rückt die Kopplung verschiedener KES in das Zentrum des Interesses. Die vorliegenden Prozessdaten der "Berner Psychotherapiestudie" (Grawe et al., 1990) müssen a priori als nichtstationär angesehen werden (Tschacher & Grawe, 1996). Ebenso ist der Verlauf einer systemischen Paartherapie (Brunner & Lenz, 1993; Tschacher & Scheier, 1995) einzustufen. Einige weitere Erhebungen beziehen sich auf Dyaden und Triaden, die keiner Veränderung unterworfen sind; hier ist es also möglich, eine stationäre Dynamik zu untersuchen.

Zur Methodik

Die oben angeführte Frage, ob eine Zeitreihe stationär ist, ist aus verschiedenen Gründen sehr diffizil. Allgemein gesprochen, handelt es sich um die Frage, ob man gewisse Attribute einer Zeitreihe als konstant ansehen kann. Falls die Antwort positiv ausfällt, kann eine Zeitreihe mit einem einzigen Modell abgebildet werden. Im Kontext der linearen Zeitreihenanalyse wird eine Zeitreihe dann als stationär bezeichnet, wenn deren Mittelwert und Varianz konstant über die Zeit ist. Für die ARMA-Modellierung (Box & Jenkins, 1976) lässt sich die Stationaritätsvoraussetzung in allgemeiner Form über die Polynomdarstellung der ARMA-Modelle angeben (Schmitz, 1989): die Wurzeln des Polynoms müssen ausserhalb des Einheitskreises liegen. Für einen einfachen AR1-Prozess ergibt sich hieraus die Bedingung $|\phi_1| < 1$.

Gleichsinnig zum Begriff der Stationarität ist in der Theorie dynamischer Systeme die Ergodizität definiert. **Ergodische Masse** charakterisieren die Systemdynamik; sie sind im Zeitmittel invariante und nicht weiter zerlegbare Masse der Dynamik (Eckmann & Ruelle, 1985). Aus mehreren möglichen ergodischen Massen eines Systems müssen die phänomenologisch zugänglichen und sinnvollen ausgewählt werden. Dies sind in der Regel Masse, die den Grad der Stabilität eines Attraktors beschreiben oder die die Anzahl der in einem System effektiven Freiheitsgrade abschätzen. Beispiele für solche ergodische Masse sind bereits oben genannt worden: die Lyapunov-Exponenten, die Dimension eines Attraktors sowie die Entropieproduktion eines Systems sind in der Theorie dynamischer Systeme (TDS) als empirisch bestimmbare Koeffizienten zur Charakterisierung eines Systems gebräuchlich.

Die Begriffe Stationarität und Ergodizität machen deutlich, dass die Invarianz von Deskriptoren der Dynamik zwar geprüft werden kann, diese Prüfung aber auf der Basis von theoretischen Vorentscheidungen erfolgen muss. Praktisch bedeutet dies, dass eine nach herkömmlichen statistischen Tests erfolgte Prüfung der Stationarität nichts darüber aussagen kann, ob die betreffende Zeitreihe nichtlinear stationär (d.h. ergodisch) ist. Ein einfaches Beispiel liefert der Attraktor des chaotischen Lorenzsystems, der aus zwei Orbits besteht: eine endliche Zeitreihe der Lorenzdynamik ist nach linearen Massstäben weder mittelwertsstationär noch varianzstationär, dagegen aber eindeutig ergodisch, da sich die Parameter des generierenden nichtlinearen Sy-

stems nicht verändert haben.

Folgende Indikatoren zur Abschätzung der Stationarität und Ergodizität empirischer Zeitreihen sind sinnvoll, und werden im folgenden zu Rate gezogen:

1) die Autokorrelationsfunktion (ACF): das Persistieren hoher Autokorrelationen bei wachsendem lag deutet auf Nichtstationarität im Sinne eines linearen Trends hin. Ein formaler statistischer Test dieses Zusammenhangs ist

2) der Test der Einheitswurzelhypothese nach Dickey et al (1986). Die Berechnung der Koeffizienten τ_μ und τ_τ kann mit Hilfe von SAS erfolgen.

3) Periodische Schwankungen können durch die Auswertung des Powerspektrums mittels Fourieranalyse gefunden werden.

4) Die Ergodizität einer Zeitreihe ist durch die Konstanz ergodischer Masse definiert; sie kann etwa durch die Messung eines Gleitmittels der Komplexität der Zeitreihe erfolgen. Ebenso kann eine geeignete Abschätzung der Dimensionalität für verschiedene Abschnitte der Zeitreihe vorgenommen werden.

Im folgenden werde ich zusätzlich auf Hintergrundinformation inhaltlich-phänomenologischer Art hinweisen, um einzuschätzen, ob eine empirische Zeitreihe als stationär und/oder ergodisch angesehen werden kann.

Welche der in den vorangegangenen theoretischen Kapiteln vorbereiteten Fragen lassen sich mit den Mitteln der empirischen Zeitreihenanalyse in Angriff nehmen? Sicher kann die von mir umrissene Perspektive — dass komplexe psychologische Systeme (KPS) sich als geordnete Prozessgestalten manifestieren — nicht direkt überprüft werden. Neben dem sozusagen natürlichen Widerstand einer elaborierten Theorie gegenüber Falsifikationsversuchen (Lakatos, 1970) sind dafür zwei Gründe ausschlaggebend: der erste ist das Fehlen einer eingeführten Standardmethodik für die Analyse von Zeitreihendaten auf nichtlinearer Basis. Es ist deshalb unumgänglich und sinnvoll, immer wieder auf lineare Verfahren zurückzugreifen, deren Voraussetzungen mit den Voraussetzungen der Hintergrundtheorien — der Synergetik und TDS — jedoch nicht immer kompatibel sind. Der zweite Grund ist in charakteristischen Eigenschaften psychologischer Datensätze zu sehen (v.a. bezüglich Sampling-Frequenz, Auflösung, Signal-Rausch-Verhältnis, Datenumfang), die die Anwendung deterministischer Methoden der TDS limitieren.

An dieser Stelle sind daher einige messtheoretische Bemerkungen angebracht, die zur Vorsicht auch bei der Anwendung dynamischer Analysemethoden aufrufen. Gleich wie bei der querschnittsstatistischen Methodologie (die in der Psychologie als eingeführt betrachtet werden kann) werden bei Zeitreihenanalysen der TDS Folgerungen und Begriffe benutzt, die auf mathematischen Idealisierungen beruhen. Hier wie dort ist die Übertragung auf empirische Daten ein Problem, das empirisch-statistisch (z.B. durch Computereperimente) bewältigt werden kann und muss. Es ist naheliegend, dass querschnittsmethodologische Probleme (z.B. Robustheit von Tests bei Verletzung der Normalverteilungsannahme) besser untersucht sind als Probleme im neuen methodischen Bereich der linearen und v.a. nichtlinearen Zeitreihenanalyse.

Methoden der TDS, so wie sie in Kapitel 3 eingeführt wurden, basieren auf Annahmen der Skalendignität, die in psychologischen Daten nicht selbstverständlich gegeben sind. Das Skalenniveau einer Zeitreihe bestimmt selbstverständlich die Metrik des aus ihr rekonstruierten Phasenraums; sollen etwa im Phasenraum Distanzen zwischen Systemzuständen (Punkten) geschätzt werden, so ist zumindest Intervallskalenniveau der Zeitreihe, aus der der Phasenraum rekonstruiert wird, gefordert.

Ein weiterer Punkt ist die Grundvoraussetzung der TDS, dass sich Trajektorien im Phasenraum nicht schneiden dürfen (Rosen, 1970). Wäre dies der Fall, so wäre die Evolution des Systems im Kreuzungspunkt nicht eindeutig festgelegt, die Dynamik wäre nicht differenzierbar. Die ergodische Theorie, also die statistische Annahme von invarianten Charakteristika des Systems, wäre nicht anwendbar (Eckmann & Ruelle, 1985). Dieses Problem sich kreuzender Trajektorien taucht jedoch immer dann auf, wenn die Auflösung des gemessenen Signals gering ist, z.B. in allen Messungen mit psychologischen Ratingskalen. Es ist daher sorgfältig zu prüfen, ob für ein zu schätzendes ergodisches Mass Daten hinreichender Auflösung vorliegen, ob also eine Methode der TDS anwendbar ist. Ein Beispiel bietet die Studie zu Schizophrenieverläufen in Abschnitt 8.2.3: die Anwendung von Schätzverfahren zur Ermittlung der fraktalen Dimension verbietet sich, da Ratingskalendaten vorliegen; dies zeigten Pilotstudien (Steitz et al., 1992). Durch Computerexperimente (Scheier & Tschacher, 1994a,c) konnte die Anwendbarkeit alternativer, weitgehend nonparametrischer Methoden allerdings abgesichert werden (Tschacher et al., 1997a,b).

In Tabelle 8.1 werden die Charakteristika der Methoden der Datenerhebung in den folgenden Studien zusammenfassend dargestellt.

Um nun die obige Frage wieder aufzunehmen — welche der in den theoretischen Erörterungen aufgestellten Behauptungen können in den nun folgenden empirischen Studien untersucht werden?

Zunächst kann an dieser Stelle gesagt werden, dass in mehreren der folgenden Studien die Modellierung von Prozessgestalten erstellt werden kann. Diese Modellierungen sind zum Teil nichtlinearer Art (wie in der univariaten Soteriastudie 8.2.3 und der Untersuchung zum Rauchverhalten), aber auch auf linearen Voraussetzungen basierend (z.B. in der multivariaten Soteriastudie 8.2.4 und in der Krisenstudie 8.1). Modellierungen wurden unter der Prämisse erarbeitet, dass die evaluierten Muster in denjenigen Systemen, in denen die Hypothese einer Musterbildung nicht ohnehin zurückgewiesen werden muss, auf Selbstorganisation in KPS beruhen, d.h. Prozessgestalten sind. In einigen Studien habe ich darüber hinaus jedoch diese Hypothese selbst ("KPS bringen selbstorganisiert Gestalten hervor") in den Mittelpunkt stellen können: so konnte in der Weinheimstudie (8.3.1) und der Berner Psychotherapiestudie (8.3.2) die Komplexitätsreduktion, die mit der Entstehung von Prozessgestalten notwendig einhergeht, nachgewiesen werden.

	N (Anzahl unter-sucher Systeme)	n (Messzeit-punkte)	Samp-ling-frequenz	Vari-ahlen pro System	Auflösung (Anzahl Skalen-punkte)	Reliabi-lität
Krisenstudie (8.1)	46	$20 < n < 80$	3/Tag	3	16	(Selbst-mo-nitoring)
Rauchzeitreihe (8.2.2.1)	1	$n=1553$	täglich	1	46	hoch
Aggressionszeit-reihe (8.2.2.2)	1	$n=660$	täglich	2	9	nicht berechne-t
Soteriastudie (8.2.3)	14	$207 \leq n \leq 762$	täglich	1	7	$r=.69$
Soteriastudie multivariat (8.2.4)	21	$57 \leq n \leq 218$	täglich	9	9	nicht berechne-t
Paartherapie (8.3.1)	1	$n=204$	alle 3 Minuten	14	7	$r=.91$
Berner Psycho-therapiestudie (8.3.2 - 8.3.4)	28	$40 \leq n \leq 90$	pro Sitzung	33-43	7	?
Paar Bern (8.4.2)	1	$n=48$	3/Tag	6	16	(Selbstm onitoring)
Triade (8.4.3)	1	$n=66$	3/Tag	9	16	nicht berechne-t
Paar Fribourg (8.4.4)	1	$n=424$	stündlich	2	11	(Selbstm onitoring)
EKG (8.5.1)	2	$n=1051$; $n=1635$	1000 Hz	1	4096	artefakt-frei, objektiv
Schlafstudie (8.5.2)	5	mehrere Abschnitte mit je $n=200$	(natür-liche Kodierein-heiten)	2	analog (auf 5 min genau)	hoch
Soziophysiologie (8.6)	10	$n=960$	16 Hz	2	4096 (12 Bit)	artefakt-frei, objektiv

Tab. 8.1. Kennzeichnung der empirischen Studien in Kapitel 8

8.1 Krisenstudie — die Dynamik psychosozialer Krisen

Krisen sind Phasen im Leben eines Menschen, die dadurch charakterisiert sind, dass in ihnen die üblicherweise zur Verfügung stehenden Bewältigungsmechanismen überfordert werden. Krisen entstehen oft in der Folge eines überwältigenden, meist aversiven Lebensereignisses oder als Reaktion auf überdauernd bestehende Stressoren. Krisen sind oft mit Trauer über Verlusterlebnisse, mit Depression, oder mit Suizidgedanken oder -handlungen verbunden. Als Krisen können auch "innere", nicht direkt von Umweltereignissen angestossene Prozesse angesehen werden, wie psychotische Episoden oder Episoden einer affektiven Störung.

Psychosoziale Krisen scheinen für longitudinale Forschung geradezu prädestiniert zu sein. Krisen sind ja definitionsgemäss Prozesse des Übergangs und der Veränderung, wobei sie zusätzlich mit Plötzlichkeit, Überraschung und Gefahr konnotiert sind, allerdings zugleich auch mit der Chance zur Neuorientierung (Reiter & Strotzka, 1977). Einige Autoren im Bereich der Psychiatrie haben Krisen daher auch durch ihre Verlaufscharakteristika beschrieben (Caplan, 1964). Überraschenderweise jedoch findet man im allgemeinen in der einschlägigen Literatur kaum quantitative Beschreibungen von Krisenverläufen (Jacobson, 1980; Aguilera, 1990). Häufig wird dagegen die qualitative Beschreibung von Krisenphasen diskutiert; auch zeigt sich eine Betonung auf Fragen der Versorgung von Krisenpatienten.

In der vorliegenden Krisenstudie (Tschacher, 1996) konzentrierte ich mich daher auf den Verlauf behandelter psychosozialer Krisen. Diese Krisen wurden an der stationären Kriseninterventionseinrichtung der Sozialpsychiatrischen Universitätsklinik in Bern dokumentiert. Das Behandlungsteam besteht aus Psychiatern, einer Psychologin, einem Sozialarbeiter sowie therapeutisch weitergebildeten Psychiatriepflegern und -schwestern. Die Krisenintervention auf dieser Station basiert auf Einzel- und Gruppentherapie mit täglichen Sitzungen. In vielen Fällen werden Familien oder Partner in das Behandlungsprogramm integriert (Schnyder & Sauvant, 1993).

Von der Untersuchung der Krisenverläufe erhoffe ich mir Aufschluss über eine Reihe von prozessbezogenen Fragen: Gibt es zeitliche Muster des Erlebens und Bewältigens von Krisen? Zeigen bestimmte Untergruppen von Patienten spezifische Muster? Wie kann man die Effekte der Intervention beschreiben?

A) Methoden

Versuchsteilnehmer:

Alle Patienten, die die Kriseninterventionsstation innerhalb eines festgelegten Zeitraums (Sommer und Herbst 1992) aufsuchten, wurden gebeten, an der Studie teilzunehmen. Von 45 Patienten erklärten sich 34 nach Information zur Teilnahme

bereit (59% weiblich; Altersmittel: 32 Jahre, mittlere Hospitalisierungsdauer: 11 Tage). Der Stationsoberarzt führte kurz nach der stationären Aufnahme mit jedem Patienten ein diagnostisches Interview nach Kriterien des DSM-III-R durch. Die diagnostischen Einstufungen der Patienten waren: Anpassungsstörungen, 49%; psychotische Störungen, 21%; affektive Störungen, 21%; Substanzmissbrauch, 6%; Persönlichkeitsstörung, 3%. Die Stichprobe scheint damit repräsentativ für die Berner Kriseninterventionspopulation zu sein, wie aus der Statistik von Schnyder & Sauvant (1993) hervorgeht. Lediglich die Anteile von Anpassungs- und Persönlichkeitsstörungen weichen ab (diese lagen 1991 bei 30% bzw. 13%). 11 Patienten lehnten die Teilnahme ab oder brachen vorzeitig ab (73% weiblich; Altersmittel: 36 Jahre; mittlere Hospitalisierungsdauer: 13 Tage). Die Diagnosen der "drop-outs" wichen nur leicht von der Stichprobe ab (Anpassungsstörungen, 45%; psychotische Störungen, 18%; affektive Störungen, 9%; Persönlichkeitsstörung, 18%).

Datenerhebung:

Jede Versuchsperson generierte drei Zeitreihen über Selbsteinschätzungsskalen. Als Variablen wurden "Spannung", "Aktivität" und "Stimmung" gewählt, die als globale Deskriptoren des augenblicklichen subjektiven Zustands eines Individuums gelten können (entsprechend den Dimensionen "potency", "activity" und "evaluation" nach Osgood et al., 1957). Diese Variablen sind dem Alltagsverhalten nahe und der Introspektion zugänglich. Sie scheinen daher für den Einsatz als Masse des Selbstmonitorings angemessen (vgl. Delespaul, 1995).

Jede der drei Variablen wurde während des gesamten Stationsaufenthalts dreimal täglich geratet (morgens/mittags/abends in individuell festgelegten Intervallen). Die Versuchspersonen wurden über die Methode des Selbstmonitorings orientiert. Ein kleinformatiges Heft mit den 16-stufigen Ratingskalen und einer Zusammenfassung der Instruktionen wurde ausgeteilt, das die Patienten unauffällig in der Tasche tragen konnten. Daten wurden auf diese Weise gegebenenfalls auch während des Aufenthalts der Patienten ausserhalb der Kriseninterventionsstation (z.B. an Wochenenden) erhoben.

Der Verlauf einer Krise beginnt offensichtlich vor der Krisenbehandlung; um diese ersten Stadien der psychosozialen Krisen abzubilden, wurden die Zeitreihen der acht Tage, die der stationären Aufnahme vorangingen, von jedem Patienten sorgfältig rekonstruiert. In einem strukturierten Interview wurden die gleichen Variablen Spannung, Aktivität und Stimmung dreimal pro Tag nachträglich geratet. Mit anderen Worten, es wurden zwei unterschiedliche Methoden der Datenerhebung verwendet: "on-line" Selbstmonitoring und retrospektive Selbsteinschätzungen. Ein Beispiel einer auf diese Weise erhobenen Zeitreihe zeigt Abb. 8.1.1.

Eine Kontrollgruppe ($N = 20$; 50% weiblich; Altersmittel: 35 Jahre) wurde aus Personen zusammengesetzt, die keine Krise oder Hospitalisierung erlebten. Sie durchliefen ebenfalls den vollen Prozess der Datengewinnung (8 Tage Selbstmonitoring gefolgt von der Rekonstruktion aus dem Gedächtnis). Die Kontrollgruppe bestand aus Kollegen, Studenten und Freunden des Autors, die gegenüber der Studie

blind waren. Auf diese Weise kann der Einfluss der *Methode* der Datenerhebung eingestuft werden: paarweise *t*-Tests der Variablen-Niveaus, die on-line (post, da *nach* der stationären Aufnahme) oder nachträglich (prä) kodiert wurden, zeigen keine statistisch signifikanten Unterschiede. Also sollten etwaige Unterschiede der Prä- und Posthospitalisationswerte in der Stichprobe aus anderen Quellen als der Art der Datenerhebung herrühren.

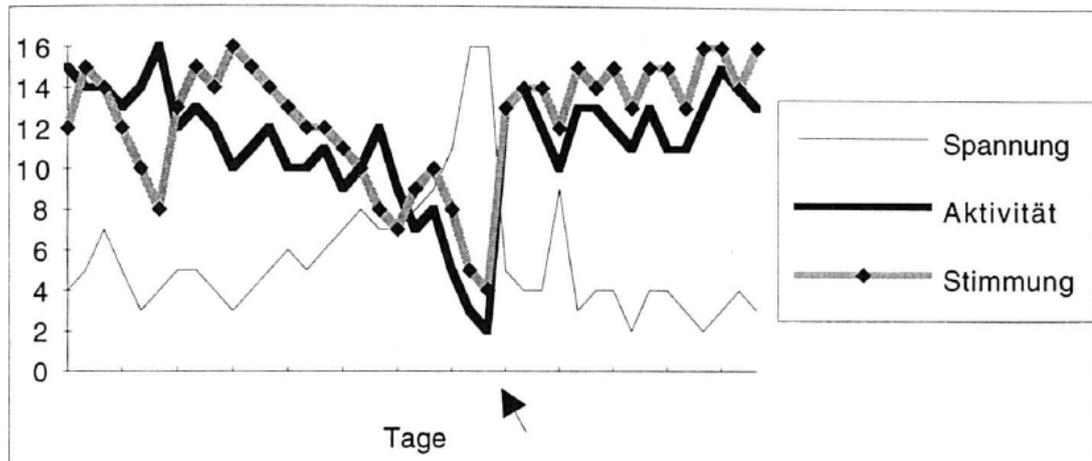


Abb. 8.1.1. Zeitreihe einer psychosozialen Krise (Pt. 6). Pfeil: Zeitpunkt der stationären Aufnahme. Ordinate: Ein Wert von 16 bedeutet: sehr stark gespannt bzw. sehr aktiv bzw. sehr gut gestimmt

Statistische Analysen:

(1) Prä-post Vergleiche: Es liegt auf der Hand, die klinische Wirksamkeit der Krisenintervention über die Niveauveränderung der Zeitreihen abzuschätzen. Als globale Indikatoren der Behandlungseffekte untersuchte ich die Prä- und Postmittel der Zeitreihen über paarweise *t*-Tests. Ebenso wurde geprüft, ob Prä-Post-Differenzen von Patientenalter und -geschlecht, Dauer der Krisenintervention und der Diagnose beeinflusst werden.

(2) Gemittelte Zeitreihenverläufe: Der Verlauf einer "Standardkrise" kann durch die folgende Summationsmethode visualisiert werden: Die Zeitreihen werden zuerst auf gleiche Länge (46 Zeitpunkte, d.h. ca. acht Tage vor und acht Tage nach Stationsaufnahme) geschnitten. Innerhalb dieses Intervalls ist die wesentliche Information über den Krisenverlauf zu erwarten. Die Zeitreihen werden daraufhin in jeder Variable *z*-transformiert. Um Patienten einzubeziehen, die weniger als 8 Tage in der Klinik waren, wurden die mittleren *z*-Werte für jeden Zeitpunkt bestimmt und in zeitlicher Folge dargestellt.

Die Krisendaten können ausserdem durch faktorenanalytische Methoden untersucht werden. Dabei verwendete ich Hauptkomponentenanalysen nach Cattells T-Technik, bei der die Datenmatrix über die *N* Versuchspersonen und die *t* Zeitpunkte faktorisiert wird. Die Faktoren aus der *t* × *t* Korrelationsmatrix bedeuten dann Ver-

laufsfaktoren, die Gemeinsamkeiten von hier $N = 28$ Patienten im Krisenverlauf erfassen.

(3) Multiple Zeitreihenanalyse: Multiple lineare Zeitreihenanalysen konnten bei 28 Patienten und 20 Kontrollversuchspersonen durchgeführt werden, bei denen Datenqualität und -umfang ausreichend waren. Die Analyse erfolgte über Zustandsraummodelle; ich benutzte das Programm "Statespace" aus SAS (SAS Institute Inc., 1991; Akaike, 1976; s. Abschnitt 3.1.1). Auf diese Weise entsteht ein lineares Kausalmodell der Interaktionen zwischen den Variablen in jedem Einzelfall einer Krise. Die Interaktionen sind entweder zeitverschoben oder synchron. Erstere sind kausal interpretierbar: z.B. kann der Einfluss der "Aktivität" auf die "Stimmung" zu einem folgenden Zeitpunkt in Form eines Regressionsparameters ausgedrückt werden. Synchroner Interaktionen werden durch die residualen Korrelationen zwischen den Variablen bestimmt, d.h. den verbleibenden zeitgleichen Korrelationen, nachdem das zeitverschobene (kausale) Modell geschätzt worden ist. Insgesamt extrahiert man ein "strukturelles Modell" des KES (des kognitiv-emotionalen Systems "Patient"), das die multiple Zeitreihe generierte. Um die Modelle der Patienten vergleichen und agglutinieren zu können, berechnete ich in allen Fällen ein Modell derselben Form: dabei wurden nur Regressionen für lag 1 geschätzt, und auf das Differenzieren der Zeitreihen wurde verzichtet.

Um einzuschätzen, ob die Krisendynamik sich nach der Aufnahme systematisch verändert, wurden Zustandsraum-Modelle auch berechnet, indem jeweils allein die Werte vor beziehungsweise nach der Hospitalisierung beigezogen wurden. Die Zeitreihen werden durch die Teilung allerdings so kurz, dass die resultierenden Modelle für sich genommen nicht interpretiert werden sollten. Ein Vergleich der Modellparameter über die Gesamtgruppe hinweg kann es aber dennoch ermöglichen, einen eventuellen Bias durch die Methode der Datenerhebung (retrospektiv vs. Selbstmonitoring) zu beurteilen.

(4) Clusteranalyse: Zuletzt wurde durch ein clusteranalytisches Verfahren eine Gruppierung der Zustandsraum-Modelle nach Ähnlichkeit vorgenommen. Alle Koeffizienten (zeitverschobene kausale Interaktionen sowie zeitgleiche residuale Korrelationen) bildeten den zu clusternden Datensatz. Die verwendete Methode war eine hierarchische, complete linkage Clusteranalyse; als Distanzmass dienten Pearson-Korrelationen.

B) Ergebnisse

(1) Mittelwertsvergleiche: globale Prä-post-Effekte und Gruppenunterschiede

Durch eine Reihe von Prä-post-Vergleichen kann der Effekt der Krisenintervention global beurteilt werden; die Resultate gehen aus Tab. 8.1.1 hervor. Die Interventions-effekte werden als die Differenz der Mittelwerte eines Patienten vor und nach der Aufnahme bestimmt. Über die Gesamtgruppe der Patienten hinweg ändern sich die Spannung und Stimmung signifikant: die Spannung wird reduziert, die Stimmung gehoben. Diese Veränderungen können allein der Krisenintervention zugeschrieben

werden, da die entsprechende Analyse für die Kontrollgruppe keine statistisch bedeutsamen Effekte ergab. Andererseits wird in Bezug auf die Variable Aktivität in einem Prä-post-Design kein Interventionseffekt sichtbar (Tab. 8.1.1a).

	Spannung	Aktivität	Stimmung
(a)			
mittl. Differenz	1.846	-0.553	-2.0492
SD	3.04	3.616	3.495
<i>t</i>	3.542	-0.891	-3.419
<i>p</i>	0.001**	0.379	0.002**
(b)			
df	23.9	25.1	20.7
<i>t</i>	-0.466	-0.045	0.707
<i>p</i>	0.646	0.965	0.488
(c)			
<i>F</i>	1.371	1.135	0.611
<i>p</i>	0.271	0.351	0.613
(d)			
df	16.7	15.8	18.1
<i>t</i>	2.527	-1.121	-1.055
<i>p</i>	0.022*	0.279	0.305

Tab. 8.1.1. (a) Interventionseffekte; 'mittl. Differenz' bedeutet die Differenz von Niveaus vor und nach Einweisung (paarweiser *t*-Test, $N=34$). (b) Effekt des Geschlechts auf prä-post Unterschiede (*t*-Test für unabhängige Stichproben, separate Varianzen). (c) Effekt der Diagnose (Subgruppen: Anpassungsstörung, Psychose, Depression, andere) auf prä-post Unterschiede (faktorielle ANOVA). (d) Depressive Reaktion vs. nichtdepressive Krisen (*t*-Test für unabhängige Stichproben, separate Varianzen)

In den folgenden Tests wurde der Behandlungseffekt wiederum als Differenz von Niveaus vor und nach der Hospitalisierung ausgedrückt. Für die Variable Geschlecht ergibt sich kein Unterschied der Behandlungseffekte im *t*-Test für unabhängige Gruppen: Männer und Frauen sprechen gleich auf die Interventionen an (Tab. 8.1.1b). Den Einfluss des Alters der Patienten und der Behandlungsdauer (Tage auf Station) kann man über die Korrelationen mit den Behandlungseffekten abschätzen. Diese Korrelationen variieren zwischen -0.15 und 0.12, d.h. sie sind nichtsignifikant.

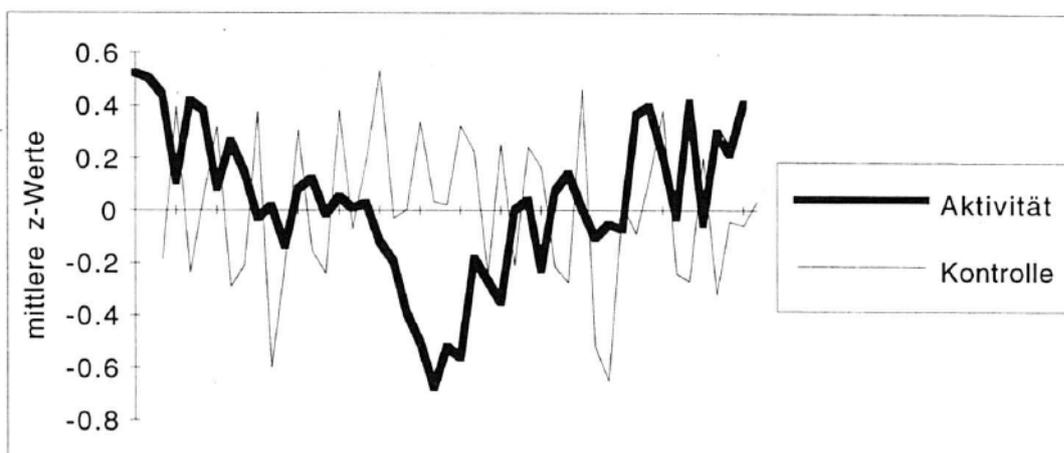
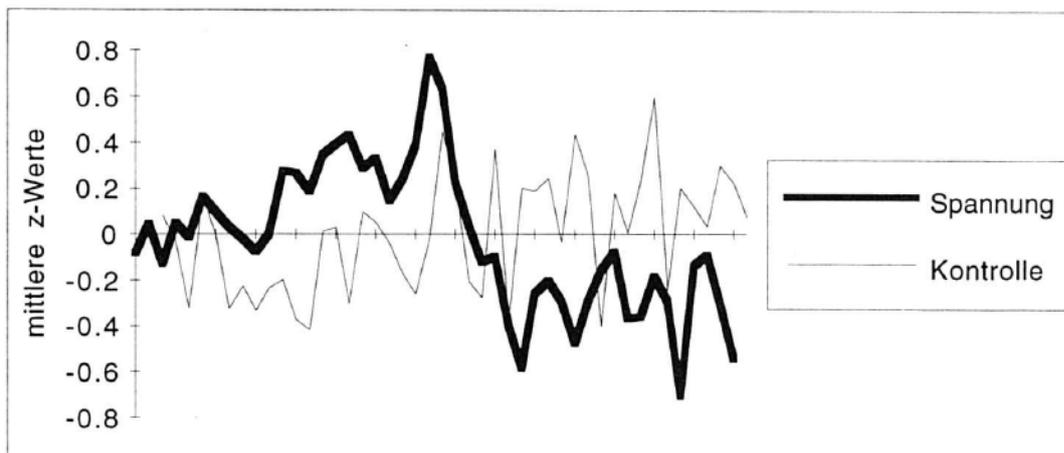
Auch diagnostische Subgruppen der Patienten können mit einfachen Testverfahren *nicht* differenziert werden. Die abhängige Variable war hier wiederum die Prä-post-Differenz von Spannung, Aktivität und Stimmung. Zunächst untersuchte ich vier DSM-Kategorien: Anpassungsstörung, Psychose, Depression und restliche Diagnosen. Diese Gruppierung resultierte in insignifikanten Statistiken bei faktorieller ANOVA (Tab. 8.1.1c). Ausserdem gruppierte ich die Patienten neu, um den Einfluss der Depression abzuschätzen: Krisen wurden entweder in die Kategorie "depressive Reaktion" (DSM-Depression und Anpassungsstörungen mit depressiver Stimmung) oder in die Kategorie "nichtdepressiv" eingeordnet. Es ergaben sich keine Unterschiede bis auf die Spannung: Die Spannung depressiver Patienten wird weniger deutlich in der Krisenintervention reduziert als die Spannung der anderen Krisenpati-

enten (Tab. 8.1.1d).

Zusammenfassend kann für die Krisenverläufe gesagt werden, dass die übliche Prä-post-Statistik nicht viel zu einem Verständnis der Faktoren beiträgt, die Krisen beeinflussen. Es gibt das Resultat eines globalen Interventionserfolges hinsichtlich Spannung und Stimmung; aber die Aktivität der Patienten scheint unbeeinflusst zu bleiben. Letzteres ist ein unerwartetes Ergebnis, da die psychologische Behandlung depressiver Reaktionen sich stark auf die Aktivierung der Patienten stützt (Lewinsohn, 1974; Meichenbaum, 1977).

(2) Summation der Zeitreihen: Beschreibung auf Gruppenniveau

Angesichts der geringen Aussagekraft herkömmlicher Prä-post-Statistik wenden wir uns einer Methode zur Visualisierung der zeitlichen Krisenentwicklung zu. Abb. 8.1.2 zeigt den Verlauf von Spannung, Aktivität und Stimmung während des Aufbaus der Krisen vor dem Zeitpunkt der stationären Aufnahme (Zeitpunkte 1 bis 23, also etwa Tag 1 bis 8) und während der Krisenintervention (Zeitpunkte 24 bis 46, etwa



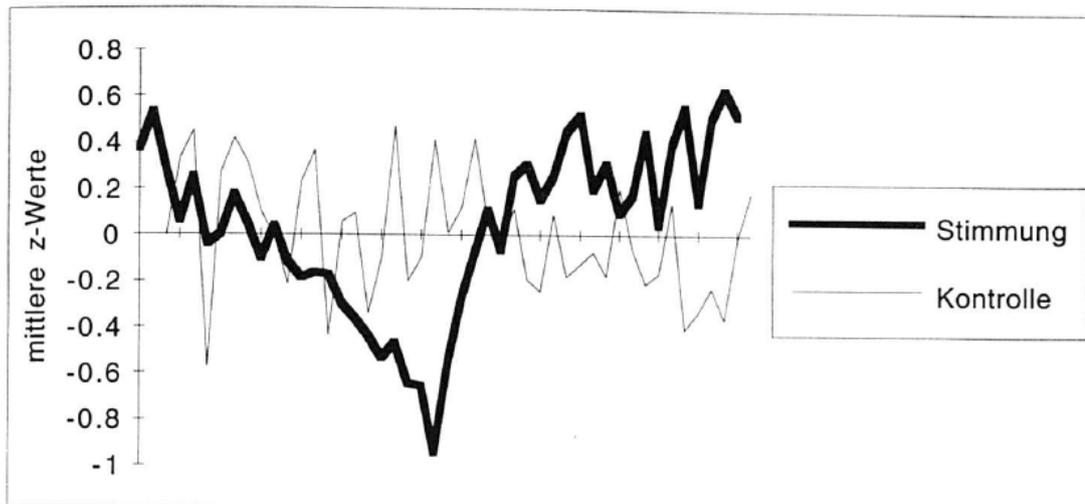


Abb. 8.1.2. Mittlere Krisenverläufe und Verläufe der Kontrollgruppe für die Variablen Spannung, Aktivität und Stimmung. Auf der x-Achse sind jeweils Tage dargestellt. y-Achse: Positive z-Werte bedeuten viel Spannung, viel Aktivität, gute Stimmung.

Tag 8 bis 15). Es ergibt sich ein klares Muster bei den Krisenpatienten im Vergleich zu den Personen der Kontrollgruppe (gestrichelte Kurve). Dies trifft auch auf die zeitliche Evolution der Aktivität zu; wir erkennen darin die oben berichtete Insignifikanz als ein Artefakt eines Prä-post-Designs, das durch die Achsensymmetrie der Aktivitätskurve entsteht. Die Wirkung der Krisenintervention ist bei allen drei Variablen unmittelbar präsent: Die Wendepunkte der Graphen fallen mit dem Zeitpunkt der Hospitalisierung zusammen.

Die faktorenanalytische Zusammenfassung der Krisendaten resultiert in einer bezüglich des Zeitpunkts der stationären Aufnahme symmetrischen Darstellung aus vier Verlaufsfaktoren, die insgesamt 72% der Varianz abdecken (Abb. 8.1.3). Diese vier Faktoren können als früher und später Krisenfaktor (Faktor 1 und 3) sowie als früher und später Interventionsfaktor (Faktor 4 und 2) bezeichnet werden. Damit gelingt es also, psychosoziale Krisen in vier generische Komponenten zu zerlegen, die inhaltlich zugeordnet werden können.

(3) Multiple Zeitreihenanalysen: Einzelfallstudien und agglutinierte Statistiken

Um eine weitere Aufklärung der kausalen Strukturen zu erreichen, die Krisenverläufen unterliegen, ist es sinnvoll, zunächst die Daten je einzeln zu betrachten. Ich berechnete multiple Zeitreihenanalysen für alle Patienten und Kontrollversuchsteilnehmer, denen die vollständigen Zeitreihen sowohl der Vor- als auch Nachhospitalisierungsperiode zugrundeliegen.

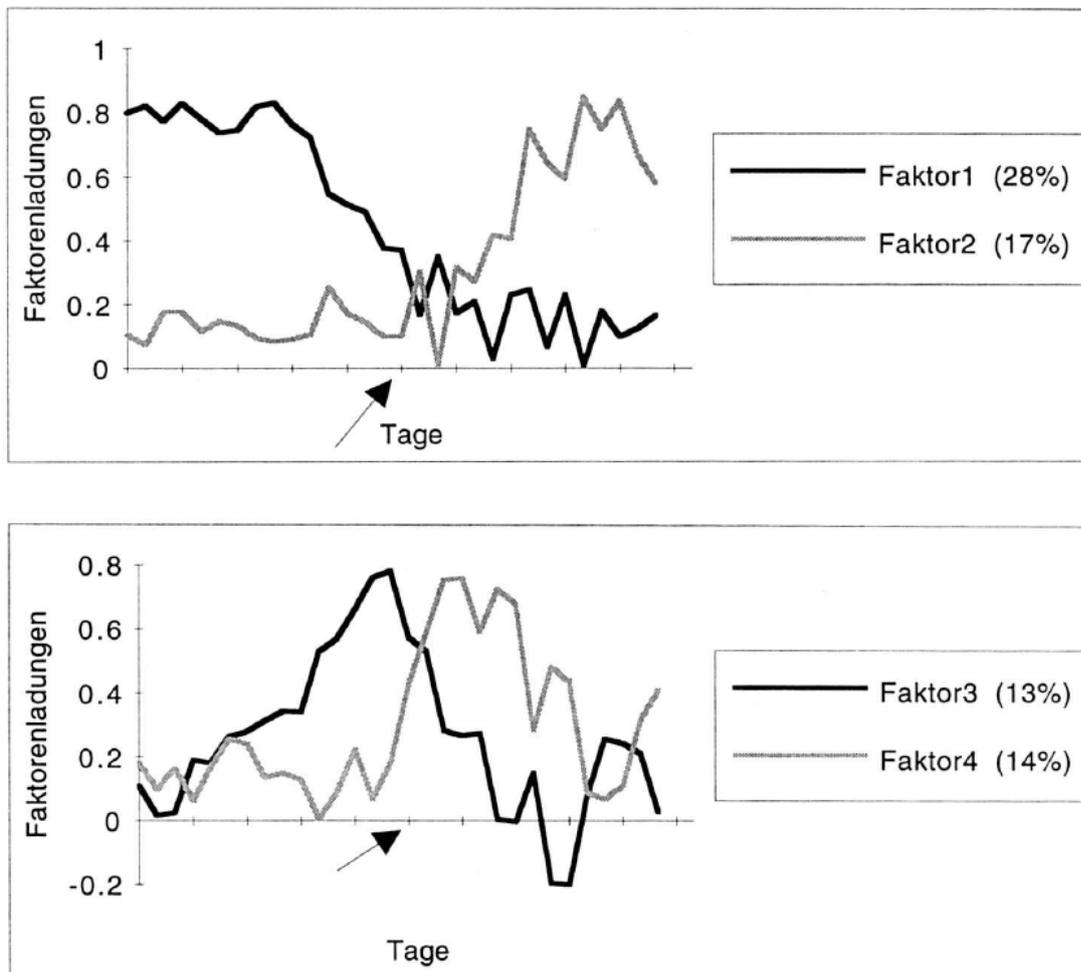


Abb. 8.1.3. Hauptkomponentenanalyse und Faktorenrotation (Varimax) ergibt vier Verlaufsfaktoren (je 2 Krisen- und Interventionsfaktoren)

Ich will die Methode der multiplen Zeitreihenanalyse zunächst an drei Beispielen demonstrieren: in den graphischen Systemmodellen von Abb. 8.1.4 werden alle signifikanten ($p < .05$) Interaktionen als Pfeile dargestellt. Die Zahlen, die im folgenden Text in Klammern stehen, sind Korrelationen bzw. Regressionsgewichte der Zustandsraummodelle (Regressionsgewichte können in seltenen Fällen betragsmässig grösser als 1 sein).

- *Pt. 5* (ein 25-jähriger Mann; Krise diagnostiziert als Anpassungsstörung mit depressiver Verstimmung) kann durch ein Feedbacksystem zwischen Spannung und Stimmung modelliert werden. Spannung und Stimmung zum selben Zeitpunkt sind negativ korreliert (-.82); die dynamischen Interaktionen sind insofern komplizierter, als die Stimmung die Spannung invers beeinflusst (-.64: gute Stimmung reduziert Spannung, schlechte Stimmung erhöht Spannung), wohingegen umgekehrt Spannung sich positiv auf die Stimmung auswirkt (.52: hohe Spannung führt zu guter Stim-

mung, niedrige Spannung führt zu schlechter Stimmung). Daraus erklärt sich ein gewisses oszillatorisches Muster der Zeitreihen. Die autoregressive Stabilität der Stimmung ist sehr deutlich (1.01), während die Spannung von Pt. 5 in sich selbst instabil ist (-.60).

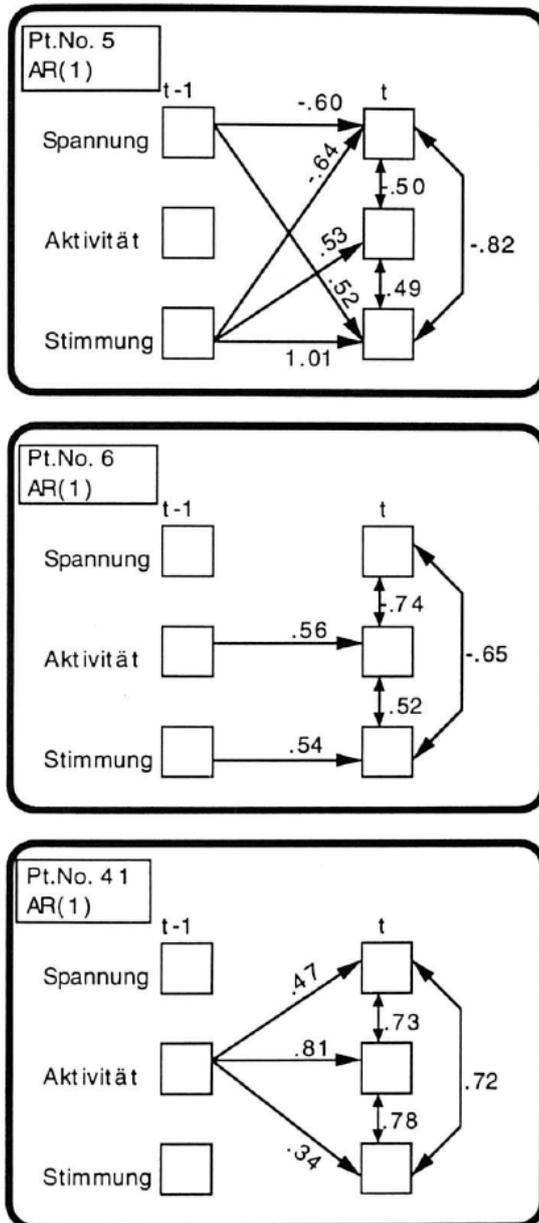


Abb. 8.1.4. Zustandsraummodelle dreier KES (individuelle Krisenverläufe)

- *Pt. 6* (dessen Zeitreihe in Abb. 8.1.1 dargestellt ist) ist 50 Jahre alt, mit einer als schizoaffektiv diagnostizierten Störung. Das Modell für diesen Patienten weist keine zeitverschobenen Komponenten auf. Aktivität und Stimmung sind autoregressiv stabil. Die Spannung korreliert negativ sowohl mit Stimmung als auch Aktivität,

während Stimmung und Aktivität positiv zusammenhängen.

- *Pt. 41* (eine 17-jährige Frau mit persistierender depressiver Reaktion) zeigt eine markant unterschiedliche Kausalstruktur: gleichzeitige Korrelationen sind in allen Kombinationen positiv (bei dieser Patientin etwa geht hohe Spannung mit positiver Stimmung einher). In der kausalen Kopplung erweist sich die Aktivität als zentral: eine Erhöhung der Aktivität erhöht sowohl die Stimmung als auch die Spannung in den folgenden Zeitschritten.

Wie oben gezeigt (Tab. 8.1.1d), verringert sich die Spannung bei depressiven Patienten unter der Krisenintervention weniger als bei anderen Patienten. Kann man daraus folgern, dass Krisen bei Depressiven anders verlaufen? Ich verglich daher die sich aus den Zustandsraummodellen ergebenden Interaktionen zwischen der Gruppe der depressiven Patienten und anderen Patienten inklusive der Kontrollgruppe. Signifikante Unterschiede zeigt Abb. 8.1.5. Man sieht, dass bei Depressiven die Stimmung die Aktivität positiver beeinflusst; die Aktivität beeinflusst die Spannung mehr; die (gute wie schlechte) Stimmung schliesslich ist stabiler, und korreliert stärker sowohl mit Aktivität als auch mit Spannung.

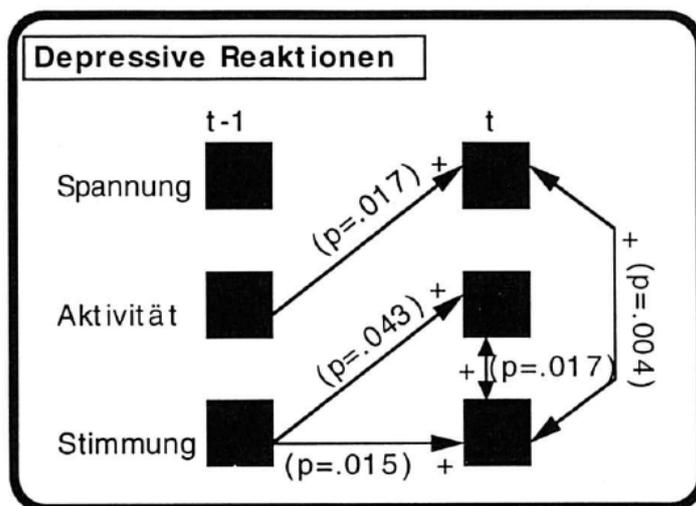


Abb. 8.1.5. Zustandsraummodell der Gruppe aller depressiven Krisenpatienten. Dargestellt sind die Interaktionen, durch die sich depressive Krisen von den anderen Verläufen (andere Patienten und Kontrollpersonen) abheben. " $(p = .015)+$ " bedeutet: diese Interaktion hat einen grösseren Wert in der Depressionsgruppe, der entsprechende t -Test ist signifikant auf dem 1.5%-Niveau

Die summierten Zeitreihen (Abb. 8.1.2) belegen die Wirksamkeit schon des Eintritts in das Behandlungsprogramm. Da nun ein Unterscheid zwischen der Zeit vor und nach Behandlungsbeginn besteht, stellt sich die Frage, ob die Daten für die individuellen Zeitreihenanalysen gepoolt werden dürfen, um *ein* Modell pro Patient zu berechnen. Um diesem methodologischen Problem zu begegnen, modellierte ich die Prä- und Postdynamik versuchsweise getrennt. Wie aufgrund der geringen Zahl an

Datenpunkten in den Teilzeitreihen zu erwarten war, stimmen die zeitverschobenen Koeffizienten der Teilmodelle wenig überein; lediglich die residualen Korrelationen sind reliabel (d.h. "prä" und "post" korrelieren signifikant).

Die Modellparameter prä vs. post wurden auch durch paarweise *t*-Tests verglichen, um einen eventuellen systematischen Bias zu bestimmen. Über alle Patienten und Kontrollen ($N=46$) hinweg ergibt sich nur ein signifikanter Bias: die Korrelation zwischen Aktivität und Stimmung ist in der Posthospitalisierungsperiode erhöht. Dieser Effekt geht ausschliesslich auf die Patientendaten zurück (s. oben) und kann daher als Behandlungseffekt verstanden werden. Dies wird durch ein anderes Ergebnis unterstützt: wenn alle Parameter der Prä- und Postmodelle zwischen Patienten und Kontrollgruppe verglichen werden, finden wir 5%-signifikante Unterschiede in 7 von 24 Parametern. Daraus lässt sich ableiten, dass die Hauptquelle von Prä-post-Varianz aus Behandlungseffekten in der Patientengruppe herrührt, nicht aber aus der Methode der Datenerhebung.

(4) Clusteranalyse: Beschreibung auf Gruppenniveau

Schliesslich kehre ich zu einer gruppenorientierten Sichtweise zurück, in der die Einzelfallanalysen zusammengefasst werden sollen: Welche Subgruppen werden durch eine Clusteranalyse der einzelnen Modelle nahegelegt? Ich clusterte alle Koeffizienten der individuellen Zustandsraummodelle, d.h. bezog auch nichtsignifikante (etwa nahe bei 0 liegende) Werte mit ein, die nicht in Abb. 8.1.4 dargestellt sind. Die Resultate dieser Analyse sind kongruent mit den Ergebnissen zur spezifischen Dynamik bei durch Depression geprägten Krisen. Abb. 8.1.6 zeigt eine Kerngruppe (Cluster A) von 8 depressiven Patienten. Die Distanz zu den anderen Gruppen wird hauptsächlich durch die in Abb. 8.1.5 hervorgehobenen Interaktionen bedingt; der beste Indikator für diese Gruppe ist aber die positive Stimmung-Spannungs-Korrelation, die sich ausschliesslich in Cluster A findet. Diese Korrelation ist in der Kontrollgruppe stets negativ. Die Cluster B und C sind nicht ganz so homogen: B umfasst depressive Patienten und Kontrollpersonen; Cluster C enthält fast alle nichtdepressiven und psychotischen Krisen. D schliesslich präsentiert sich als Cluster "typischer" Kontrollgruppenmitglieder.

C) Diskussion zur Krisenstudie

In diesem Abschnitt untersuchte ich die Verläufe behandelter psychosozialer Krisen mit Hilfe von Zeitreihenanalysen von 34 psychiatrischen Krisenpatienten und 20 Mitgliedern einer Kontrollgruppe. Dabei setzte ich einen hybriden methodologischen Ansatz ein. Krisenverhalten wurde von zwei Gesichtspunkten her betrachtet: ich beschrieb die summierten "generischen" Verläufe auf Gruppenniveau ebenso wie individuelle Verläufe. Damit kann in der Praxis der individuelle Krisenpfad auf dem Hintergrund der generischen Verläufe der insgesamt erfassten Patientenpopulation beurteilt werden (etwa entsprechend der "Verlaufsfigurationen" nach Grawe &

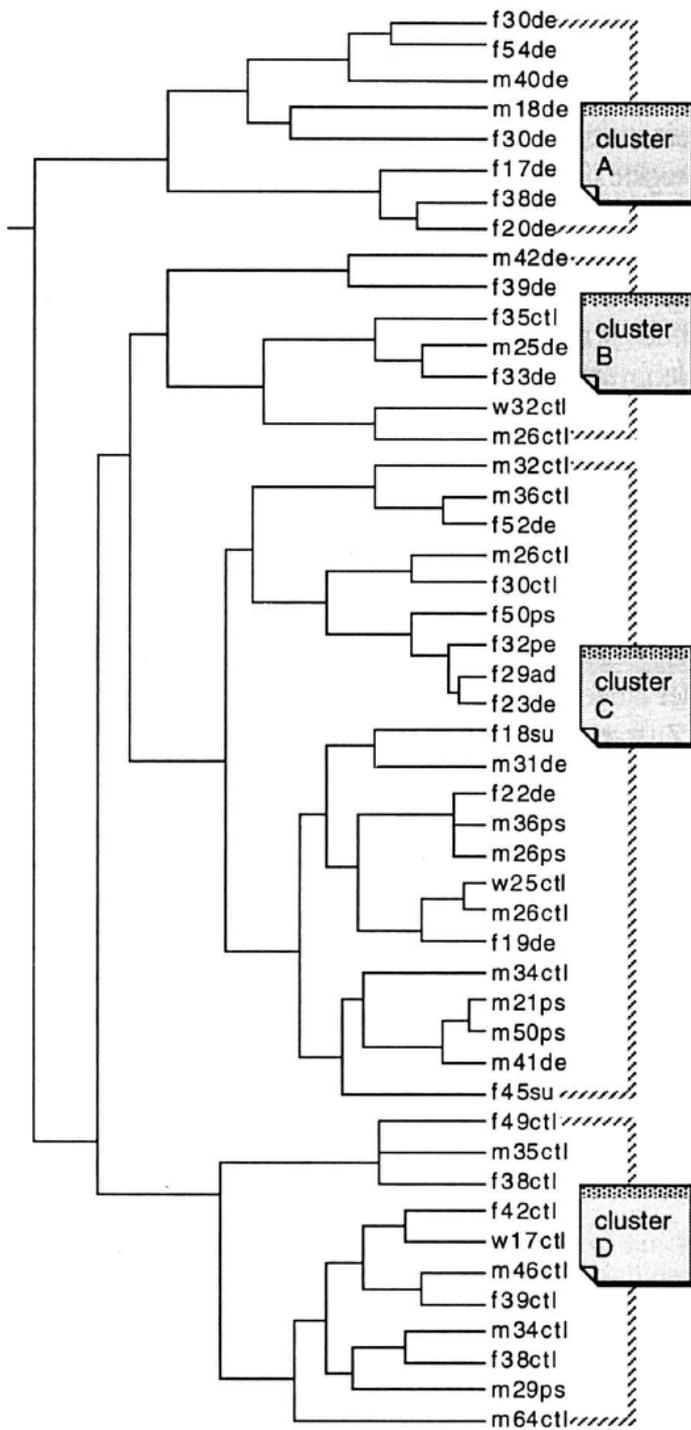


Abb. 8.1.6. Hierarchische Clusteranalyse der Krisenpatienten und Kontrollgruppe. Grundlage sind die Koeffizienten der Zustandsraummodelle. "f30de" kennzeichnet eine Patientin (*female*) von 30 Jahren mit einer als *depressiv-reaktiv* diagnostizierten Krise. Weitere Abkürzungen: *männlich*; *Substanzmissbrauch*; *Psychose*; *adjustment disorder* (Anpassungsstörung); *Persönlichkeitsstörung*; *Kontrolle (ctl)*

Braun, 1994). Eine hybride Methodik legt es, wie oben beschrieben, auch nahe, Einzelfalldynamiken zu agglutinieren, um differenziertere Aussagen über Charakteristika von (Sub-)Gruppen auf dem "Umweg" über Einzelfallanalysen zu erlangen. Damit zeigt sich, dass der dynamische Ansatz verschiedenen Ansprüchen zugleich gerecht werden kann, die traditionell als schlecht vereinbar gelten: idiographische Einzelfallanalyse und hypothesentestendes quantitatives Vorgehen können so miteinander vereint werden (wie in Kapitel 1 gefordert wurde).

Um zunächst die klinischen Ergebnisse dieser Kriseninterventionsstudie anzusprechen: die summierten Zeitreihen zeigen, dass die Behandlung alle drei erhobenen Variablen beeinflusst, also die von Patienten empfundene Spannung, ihr allgemeines Aktivitätsniveau und ihre Stimmung. Einige Treatmenteffekte können bereits in einem Prä-post-Design bestätigt werden (s. Tab. 8.1a) — die zum Hospitalisierungszeitpunkt achsensymmetrischen summierten Verläufe der Aktivität allerdings nicht, da die Mittelwerte vor und während Behandlung nicht differieren. Hier ist es also unabdingbar, die zeitliche Evolution in Betracht zu ziehen. Longitudinale Daten zeigen dann auch, dass die Wendepunkte der summierten Krisenverläufe mit dem Behandlungsbeginn zusammenfallen. Dies unterstreicht die Bedeutung des Milieuwechsels für die Patienten: der "schnellste" Interventionsfaktor (s. Abb. 8.1.3) ist das Stationsmilieu und die wahrgenommene Distanz zu den krisenbedingenden Stressoren.

Die Resultate der Faktorenanalysen weisen weiter darauf hin, dass der Milieufaktor, der nach etwa einem Tag sein Maximum erreicht hat, durch einen zweiten Interventionsfaktor abgelöst wird. Dieser eigentliche Therapiefaktor erklärt mehr Varianz als der Milieufaktor und dominiert die Behandlung nach etwa 3.5 Tagen. Es ist anzunehmen, dass dieser Faktor die einsetzende Wirkung der intensiven psychotherapeutischen Gespräche, die auf der Station angeboten werden, widerspiegelt. Damit ist es naheliegend, dass sowohl das (stationäre) Setting als auch die Therapie (inclusive der Kohäsion der Patientengruppe) einen spezifischen Effekt auf den Krisenverlauf haben.

Den beiden Behandlungsfaktoren entsprechen zwei Krisenfaktoren. Der erste Krisenfaktor, zugleich der varianzstärkste Faktor (28%) dieser Untersuchung, hat hohe Faktorladungen bis etwa 2 Tage vor der Hospitalisierung. In dem verbleibenden kurzen Zeitraum bis zum Behandlungsbeginn liegt der schmalgipflige zweite Krisenfaktor, der etwa die Hälfte der Varianz des ersten Krisenfaktors aufklärt. Während der erste Faktor also den Hauptanteil der Varianz der psychosozialen Krise ausschöpft, mag der zweite Faktor zum Teil auf die beginnende Vorbereitung der Patienten auf die notwendig gewordene Hospitalisierung zurückgehen, in einigen Fällen aber auch die kurz vor Eintritt exazerbierende Krise dokumentieren (z.B. bei suizidalen Handlungen). Die Faktoren, die die Krisen beeinflussen, unterscheiden sich also deutlich in ihren Verlaufscharakteristika; solche Charakteristika sind etwa die Einwirkungsdauer auf die Befindlichkeit der Patienten und der Zeitpunkt der maximalen Wirksamkeit.

Wegen der deutlichen Verlaufsmuster der Kriseninterventionswirkung stellt sich

die Frage nach Variablen, die diese Wirkung medieren. Auf den ersten Blick jedoch, wenn man die globalen Prä-post-Effekte analysiert, ist wenig Klarheit über differentielle Wirkungen zu gewinnen. Der Behandlungseffekt ist nicht durch Alter oder Geschlecht der Patienten weiter klärbar, ebensowenig durch die Dauer der Behandlung oder die Diagnose der zugrundeliegenden Störung.

Angesichts dieses unklaren Resultats besteht durch die hybride Methodologie die Möglichkeit, zunächst die Dynamik von Einzelfällen von Krisen zu analysieren. Multiple Zeitreihenanalysen eröffnen hier einen qualitativ-idiographischen Blick auf Krisenverhalten. Ich beobachtete eine Anzahl sehr unterschiedlicher Systemmodelle, die aus den individuellen Verläufen gewonnen werden können. Es wäre naheliegend, individuell angepasste Behandlungsprogramme zu entwerfen, entsprechend dem Modell jedes einzelnen Patienten: z.B. mag Pt. 41 (s. Abb. 8.1.4) am meisten von Interventionen auf der Ebene der Aktivität profitieren. Pt. 5 sollte dagegen unterschiedlich behandelt werden, da Aktivität wenig kausalen Einfluss auf Spannung oder Stimmung auszuüben scheint. Eher sollte hier direkt im Spannungs-Stimmungssystem eingegriffen werden, das bei diesem Patienten als eine Feedbackschleife erscheint. Als methodologisches *caveat* bleibt allerdings zu bemerken, dass die Reliabilität der Zustandsraummodelle unklar ist. Prä- und post-Hospitalisierungsverläufe könnten strukturell unterschiedlich sein, d.h. nichtstationär, und die individuellen Modelle, die von den zusammengesetzten Zeitreihen herrühren, sollten daher mit Vorsicht interpretiert werden.

Deshalb wechselte ich wieder die Betrachtungsebene und agglutinierte die Resultate der Einzelfallmodelle, gewissermassen in einer erneuerten Hoffnung, eine bessere Differenzierung von Krisenmustern erreichen zu können. Die Parameter der Einzelfallmodelle führen so tatsächlich zu sinnvollen diagnostischen Clustern, die mit traditionellen Prä-post- bzw. Querschnittsmethoden nicht zugänglich waren. Stehen in einer Krise die depressiven Reaktionen im Vordergrund, zeigt sich eine spezifische Art der Krisenbewältigung. Besonders eine Gruppe depressiver Patienten — Cluster A — unterscheidet sich von anderen Patienten und von Kontrollgruppenmitgliedern. Cluster-A-Patienten (wie Pt. 41) sind durch eine positive Korrelation zwischen Spannung und Stimmung charakterisiert; sie konnotieren Spannung positiv — ohne sich dessen notwendigerweise bewusst zu sein, da dieses Ergebnis aus einer Periode von mehreren Tagen abgeleitet ist. Diese Patienten kontrastieren deutlich zu allen anderen Versuchsteilnehmern einschliesslich der Kontrollen, die erhöhte Spannung stets umgekehrt verknüpfen, nämlich mit schlechterer Stimmung.

Betrachtet man die Phänomenologie der Depression, so kann man diese Korrelation in einen Zusammenhang mit den anhedonischen und anergischen Aspekten schwerer depressiver Reaktionen stellen, und sie so auf klinisch relevante Weise interpretieren: in wenigstens der Hälfte der depressiven Krisenpatienten scheinen spannungsorientierte Massnahmen dysfunktional zu sein. Spannungsreduktion per se ist nicht als Behandlungsziel aller Krisenpatienten zu sehen.

Bezüglich der Untersuchungsmethode kann man schlussfolgern, dass traditionelle Ansätze aus zumindest zwei simplen Gründen den Charakter von Krisen nicht erfassen

sen können: erstens weil Gruppenmittelwertsvergleiche nicht berücksichtigen, dass Krisenverhalten in jedem Einzelfall qualitativ unterschiedlich ist; zweitens, weil Krisen definitionsgemäss Prozesse sind, deren gestalthafte Eigenschaften etwa wie oben durch Verlaufsfaktoren ausgedrückt werden können. In der Krisenstudie gewann ich den Eindruck, dass es auch für die Beantwortung von Hypothesen auf Gruppenniveau (etwa: "verlaufen depressive Krisen anders als andere Krisen?") sinnvoll sein kann, mit Einzelfallstudien zu beginnen, um dann nach und nach die Resultate der einzelnen Fälle zu agglutinieren. Auch für die Untersuchung sehr allgemeiner Aussagen kann also die beste Methode die anscheinend indirekteste sein, nämlich die Dynamik des Einzelfalls zu untersuchen. Im Grunde handelt es sich daher bei diesem Vorgehen um eine Art von Meta-Analyse (die freilich von Beginn an geplant wurde). Wie man zudem sieht, wäre die Polarisierung in eine idiographische und eine nomothetische Psychologie, die in Abschnitt 1.1.1 kritisiert wurde, auch angesichts dieser empirischen Krisenverlaufsdaten kontraproduktiv.

Die hier eingesetzte Methode, die Zeitabhängigkeit von Prozessen zu modellieren, baut auf lineare Annahmen. Dagegen folgt aber aus den eingangs ausgearbeiteten theoretischen Überlegungen, dass die psychologischen Systeme, die in psychopathologischen Prozessen angesprochen sind, komplex und nichtlinear seien. Die dynamische Theorie sagt voraus, dass KPS Prozessgestalten ausbilden, und deshalb kritische Phänomene analog Phasenübergängen konzipiert werden können. Eine Krise wäre dann als Reaktion eines homöostatischen Systems (KES) nahe einem Instabilitätspunkt aufzufassen (vgl. Tschacher & Brunner, 1992): die psychosoziale Krise entspricht einer dramatischen Veränderung der Valenzen im KES (bzw. im PSS Paar oder Familie, aber dazu fehlt in der vorliegenden patientorientierten psychiatrischen Studie die Datengrundlage).

Im Falle der Krisenstudie war es nicht möglich, die Verläufe auf andere Weise als linear abzubilden, da eine noch dichtere Datenerhebung in einem sensiblen klinischen Bereich an Grenzen der Compliance (der Patienten und des Behandlungsteams) stösst. Man muss sich deshalb hier damit abfinden, den linearen Umriss eines wohl nichtlinearen Phänomens zu betrachten.

8.2 Psychopathologie

8.2.1 Das Konzept der dynamischen Krankheit ("dynamical disease")

Das Konzept der dynamical disease (Glass & Mackey, 1988; Bélair et al., 1995) basiert auf dem Versuch, den (problematischen) Begriff der "Krankheit" auf dem Hintergrund der Systemtheorie neu zu fassen. Es wird also die allgemeine Annahme vorausgesetzt, dass sich Psyche und Körper in *Systeme* untergliedern lassen, die jeweils aus interagierenden Komponenten bestehen (s. Kapitel 6; Bunge, 1979). Zunächst wurde daher versucht, Krankheit oder Störung als eine Form missglückter oder veränderter Regelung im Sinne der Kybernetik zu verstehen. Der Begriff des

Regelkreises fand so, von der Biologie ausgehend, auch in der Psychologie weite Verbreitung (Miller et al., 1960; Bischof, 1985).

Seit einigen Jahren wird diese kybernetische Perspektive durch die Theorie dynamischer Systeme neu formuliert und erweitert; die TDS ist auch der Hintergrund der hier vertretenen Auffassung. Damit wird für das Verständnis von Krankheiten die Frage einer spontanen, also vom System selbst erzeugten Dynamik zentral (Mackey & Glass, 1977; Winfree, 1980; Mackey & an der Heiden, 1982; an der Heiden, 1992). Diese besitzt in psychologischen und biologischen Systemen häufig den Charakter eines Punktattraktors (kybernetisch: Regelkreis, negatives Feedback). Man findet jedoch auch kompliziertere Formen der Dynamik: etwa periodisches oder zufälliges oder turbulentes Verhalten (z.B. positives Feedback, durch das sich kleine Veränderungen schnell verstärken können). Wie die Dynamik eines konkret realisierten Systems nun auch beschaffen sein mag, das Konzept der dynamischen Krankheit nimmt an, dass das Wesentliche an einer Dysfunktion ("Krankheit") in der charakteristisch veränderten Dynamik dieser Interaktion von Systemkomponenten zu sehen ist. Der Unterschied zu einem herkömmlichen Krankheitsbegriff liegt also letztlich darin, dass für (eine Untergruppe von) Störungen behauptet wird, dass "Krankheit" eher im selbstinitiierten *Verhalten* als in einer *Eigenschaft* oder der Struktur der betreffenden Person zu suchen sei.

Pathologisches Verhalten geht aus gesundem über eine Bifurkation (einen Phasenübergang zwischen zwei dynamischen Regimes) hervor (an der Heiden, 1993). Eine Bifurkation liegt auch dann vor, wenn ein komplexes System aus einem ungeordneten Zustand heraus einen geordneten Gleichgewichtszustand emergent erzeugt: dieses Phänomen einer plötzlich auftauchenden selbstinitiierten Muster- oder Ordnungsbildung (also Prozessgestalt) ist der Anknüpfungspunkt der Psychopathologie an die hier vertretene Selbstorganisationsperspektive.

Das dynamische Krankheitskonzept sieht keine dichotome oder gar wertende Unterscheidung "krank" vs. "gesund" vor, sondern stellt zunächst lediglich fest, dass Krankheit eine *andere* Form des Funktionierens ein und desselben Systems ist. Krankheit hat mithin keine ontologische Qualität, sondern ist ein von der Norm abweichender Prozess. Allerdings besteht in komplexen Systemen eine Tendenz der morphologischen Fixierung von wiederkehrender oder langfristig vorherrschender Dynamik, die die zunehmende Stabilität chronischer Funktionszustände erklärt (vgl. Bischof, 1990). Insofern können die Attraktoren dynamischer Krankheiten sich sekundär in ein Substrat "einprägen" und sich in strukturellen Veränderungen niederschlagen.

Das Konzept der dynamical disease fand bisher vor allem in biologischen Systemen empirische Unterstützung; dies ist nicht erstaunlich, da sich Zeitreihen physiologischer Signale für die Modellierungstechniken der TDS anbieten. An dieser Stelle können nur einige derzeitige Forschungsbereiche umrissen werden.

- Die Hirnforschung, soweit sie sich auf EEG-Untersuchungen stützt, findet Veränderungen der Dynamik dieses Biosignals, die mit bestimmten psychologischen (Lutzenberger et al., 1992) oder somatischen Zuständen (Babloyantz, 1986) korre-

spondieren. Ein charakteristisch verändertes Hirnstrombild im Sinne einer dynamical disease zeigt sich bei der Epilepsie (Friedrich & Uhl, 1992). Manche Untersuchungen ergaben einen Dimensionalitätsanstieg während Schizophrenieepisoden (Koukkou et al., 1993).

- Die Kardiologie profitierte ebenfalls durch die nichtlinear-dynamische Perspektive (Mayer-Kress et al., 1988). Die plausible Annahme, dass das Herz ein periodischer Oszillator sei, erwies sich als zu simpel (Babloyantz & Destexhe, 1988; Goldberger & Rigney, 1988). Vielmehr ist gesunde Herzaktion ein nichtlineares, vielleicht fraktales Geschehen (s. Abschnitt 8.5.1), während erhöhte und inflexible Periodizität als Zeichen eines geschädigten Herzens zu gelten hat.

- Einige weitere somatische Erkrankungen zeigen auffällige Verlaufsmuster. Hierzu gehören etwa Bluterkrankungen wie die zyklische Neutropenie (an der Heiden, 1992). Die Dynamik der Hormonausschüttung wird weniger variabel bei bestehender Osteoporose (Hesch, 1989; Prank & Hesch, 1993).

- Im Bereich der Psychopathologie sind hier vor allem Studien zur bipolaren Depression zu nennen (Wehr & Goodwin, 1979). Die periodischen Schwankungen dieser affektiven Störungen sind das äussere Zeichen einer dynamischen Erkrankung (Emrich & Hohenschutz, 1992; Gottschalk et al., 1995; Pezard et al., 1996). Studien aus dem Feld der mathematischen Biologie zur Modellierung der Katatonie wurden schon früh durchgeführt (Gjessing, 1932; Danziger & Elmergreen, 1954; Cronin, 1973).

In unseren Untersuchungen haben sich inzwischen Befunde ergeben, die dafür sprechen, dass nichtlineare und möglicherweise chaotische Systeme in psychologischen und psychopathologischen Zuständen entscheidend sind. Gibt es also dynamische Krankheiten auch in der Psychologie? Solche Phänomene wären offensichtlich mit der Theorie der Prozessgestalten kompatibel. Über diese Studien soll — unmittelbar nach der nun folgenden methodologischen Einleitung — in diesem Kapitel berichtet werden.

8.2.1.1 Klassifikation von Zeitreihen

Nehmen wir nach dem Konzept der dynamical disease an, dass ein dynamisches System im Hintergrund psychopathologischer Symptomatik stehen kann. Wenn man nun Zufallseinflüsse mit aufnimmt, haben wir von einem *dynamischen stochastischen System* auszugehen. Dieses kann formal durch eine Differentialgleichung mit einem stochastischen Term $F(t)$, der die auf das System einwirkenden Fluktuationen (das zufällige "Rauschen" einer ansonsten deterministischen Dynamik) beschreibt, symbolisiert werden.

$$\frac{dx}{dt} = N(x(t), \mu) + F(t) \tag{VIII.1}$$

$x(t)$ ist ein von der Zeit t abhängiger Vektor der Zustandsvariablen des Systems (dies sind etwa alle m zur Beschreibung eines Systems dienlichen phänomenologi-

schen Grössen; diese spannen den Zustandsraum der Dimension m des Systems auf). N ist die (lineare oder nichtlineare) Funktion, die die zeitliche Veränderung der Zustandsvariablen bestimmt. Diese Funktion ist selbst abhängig von der Umwelt des Systems, ausgedrückt durch die Kontrollparameter μ . $\frac{dx}{dt}$ bezeichnet die Veränderung der Zustandsvariablen in der Zeit.

Gleichung (VIII.1) gibt vor, dass Zufallseinflüsse nur additiv auf das System einwirken. Es ist natürlich ebenso möglich, dass die Fluktuationen die Valenzen μ beeinflussen: in diesem Fall entsteht ein potentiell nichtstationäres und nichtergodisches System. Der Einfachheit halber beschränke ich hier die Klassifikation auf Systeme mit additiven Rauschkomponenten. Ausgehend von Gleichung (VIII.1) können wir folgende einfache Klassifikation zwischen qualitativ unterscheidbaren dynamischen Systemen vornehmen:

(a) $F(t) \gg N(x(t), \mu)$: Der stochastische "Rausch"term $F(t)$ ist sehr viel grösser als der deterministische Ausdruck, es liegt ein mehr oder weniger reiner stochastischer Prozess vor. Einen Spezialfall bildet das zeitlich gewichtete Rauschen eines Gleitmittelwertes (eines moving average-Prozesses).

(b) $F(t) \ll N(x(t), \mu)$: Es liegt ein deterministisches System vor, das in der Lage wäre, Gleichgewichtszustände ("Attraktoren") auszubilden. Beispiele für Attraktoren sind, wie in Kapitel 3 ausgeführt, Punktattraktoren (eine Konstante stellt hier das Gleichgewicht dar: z.B. die Gestimmtheit einer ausgeglichenen Person). Periodische Attraktoren haben eine Oszillation zum Gleichgewicht: z.B. die Gestimmtheit mancher manisch-depressiver Menschen. Punktattraktoren und periodische Attraktoren können durch Systeme mit linearem oder nichtlinearem N realisiert werden, während komplexere Attraktoren auf nichtlineare Systeme zurückgehen. Eine für viele Anwendungsbereiche relevante Klasse von Attraktoren zeigen chaotisches Verhalten, das sich längerfristiger Vorhersagemöglichkeit entzieht (Rössler, 1976; Abraham & Shaw, 1984). Chaos ist mit herkömmlichen Vorstellungen von Stabilität kaum zu vereinbaren; oben wurde jedoch gezeigt, dass chaotische Attraktoren ebenfalls zu den gleichgewichtserzeugenden (d.h. insgesamt den Phasenraum komprimierenden) dynamischen Strukturen gehören.

(c) $\frac{\sigma^2(N(x(t), \mu))}{\sigma^2(F(t))} = R$: Eine Mischform ist in der Forschungspraxis am häufigsten

anzutreffen, nämlich deterministische Systeme, die mit einem gewissen Signal-Rausch-Verhältnis R verwechselt sind. R kann als Verhältnis der Varianzen von deterministischem und stochastischen Anteil an der Dynamik aufgefasst werden. Folgende weitere Fallunterscheidung liegt auf der Hand:

(c1) N ist nichtlinear. Nichtlineare dynamische Systeme sind Voraussetzung für Chaos und Selbstorganisation.

(c2) N ist linear. Die Zeitreihe kann durch einen autoregressiven (AR) Prozess beschrieben werden. AR-Prozesse sind eine einfache Form, zeitliche Abfolgen linear zu modellieren: der Zustand eines Systems kann als Ergebnis des vorherigen Zustands, multipliziert mit einem konstanten Koeffizienten, angesehen werden

(Schmitz, 1989). Eine weitere einfache lineare Modellierungsform ist die eines moving average-Prozesses (MA; s. Kapitel 3).

Eine grundlegende Annahme des dynamical disease-Konzepts (an der Heiden, 1993) kann damit auf der Grundlage der obigen Klassifizierung folgendermassen formuliert werden:

Definition 8.1: Wenn der Dynamik psychopathologischer Zeitreihen ein b-System oder ein c₁-System zugrundeliegt, sprechen wir von einer dynamical disease.

In der dynamischen Analyse geht es also darum, für eine gegebene Zeitreihe auszuschliessen, dass es sich um einen Zufallsprozess (a-System) handelt, und daraufhin auszuschliessen, dass es sich um ein (lineares) c₂-System handelt. Die Bedeutung des dynamischen Befundes für das Verständnis des zugrundeliegenden (psychobiosozialen) Systems wird in Steitz et al. (1992) und Scheier & Tschacher (1994a) umrissen; angelehnt an die dortige Formulierung scheint mir folgende Zuordnung sinnvoll:

Rein stochastische a-Systeme, deren Zeitreihen keine serielle Struktur aufweisen, deuten auf eine hohe Sensibilität gegenüber fluktuierenden Umweltstimuli hin. Dies stellt in den folgenden Studien die grundlegende Nullhypothese dar, da Umwelteinflüsse in Felddaten nicht vollständig kontrolliert werden können (eine solche Kontrolle ist vermutlich nur durch experimentelle Designs möglich, und insofern generell schwer mit der Erhebung langer und relevanter Zeitreihen vereinbar). Man kann vermuten, dass a-Systeme eher mit verhaltenstheoretischen Ansätzen (operantes und klassisches Konditionieren) kompatibel sind, die Verhalten weitgehend unter Kontrolle externer Stimuli sehen (Hilgard & Bower, 1966). Die Dynamik beruht im S-R-Modell des klassischen (vorkognitiven) Behaviorismus *nicht* primär auf intrinsischen Eigenschaften des Systems. Diese Zuordnung setzt allerdings voraus, dass die Fluktuationen $F(t)$ tatsächlich externes Rauschen sind, und nicht etwa durch unsystematische Messfehler oder eine grosse Anzahl systeminterner Variablen entstehen.

Chaotische und nichtlineare c₁-Systeme deuten dagegen auf das Vorhandensein eines niedrigdimensionalen Systems, das sich relativ autonom gegenüber den zu erwartenden Umweltfluktuationen entfaltet. Der empirische Nachweis von c₁-Systemen wäre also eine Validierung des Konzepts "dynamical disease" für die Psychopathologie. In einem komplexen Netzwerk, wie es durch eine Person und alle ihre kognitiven, sozialen und biologischen Bezüge gegeben ist, kann man sich die Entstehung eines niedrigdimensionalen Systems als einen Selbstorganisationsprozess vorstellen, in dessen Verlauf eine Prozessgestalt emergiert. Im Raster psychologischer Ansätze gesehen, scheinen c₁-Systeme eher mit kognitiven (Brenner, 1989; Mahoney, 1991), psychoanalytischen (Schneider, 1983) oder systemischen (Brunner, 1986) Theorien vereinbar, auch wenn diese nicht ausdrücklich auf dynamischer Grundlage

formuliert sind.

8.2.1.2 Testung von Klassifikationshypothesen mit Bootstrap-Methoden

Die Methodik des Bootstrapping (verwandt dazu ist die Monte-Carlo-Methodik) erlaubt es, einen artifiziellen Vergleichsmassstab zu generieren, an dem einzelne Zeitreihen klassifiziert werden können. Es wird gewissermassen eine Kontrollgruppe simuliert. Dadurch können Hypothesen auch dann, wenn nur einzelne Systeme vorliegen, einem statistischen Signifikanztest unterworfen werden. Ich werde diese Surrogatdatenmethode im folgenden benutzen, um die Einordnung der psychopathologischen Zeitreihen in das obengenannte Schema bestimmen zu können. Die Methode ist ausführlich in Abschnitt 3.1.2.2 (s.a. Theiler et al. (1992) und Scheier & Tschacher (1994a-c)) dargestellt, und sei hier nur kurz am Beispiel erklärt: Zunächst gewinnen wir eine dynamische *Prüfgrösse* mittels einer zu wählenden Methode. Ich verwende z.B. in der Soteriastudie 8.2.3 die Vorhersagemethode nach Sugihara & May (1990), genauer die Korrelation für den Vorhersagezeitraum "1 Tag" bzw. "lag 1" als Prüfgrösse; in der Weinheimstudie 8.3.1 verwende ich als Mass die algorithmische Komplexität. Dann bestimmt man den entsprechenden Wert der Prüfgrösse für eine Anzahl von Surrogatdaten (hier $N=30$ künstlich hergestellte "Zeitreihen", die bezüglich Mittelwert, Varianz und Stichprobenumfang mit der gemessenen Zeitreihe identisch sind). Auf diese Weise erhält man eine *Verteilung* von Prüfgrössen der künstlichen Datensätze. Also kann geprüft werden, ob und wie sehr sich die empirische Zeitreihe bezüglich der Prüfgrösse von der Population der Surrogatdaten unterscheidet.

Diese Prüfung erfolgt in zweierlei Hinsicht: zunächst wird getestet, ob die empirischen Zeitreihen besser vorhergesagt werden können als Zufalls"zeitreihen"; zweitens werden lineare Modelle für die Originalzeitreihen gefittet, als Surrogatdaten verwendet und daraufhin getestet, ob die erhobenen Zeitreihen besser vorhergesagt werden können als ihre linearen Modelle. Mit der Surrogatdatenmethode stellen wir also zwei Nullhypothesen auf, die wir zu verwerfen versuchen:

- **Nullhypothese (1):** Die zu prüfende Zeitreihe verhält sich bezüglich der Prüfgrösse wie eine Reihe von Zufallsdaten, ist also ein a-System nach der obigen Klassifizierung. Die Surrogatdaten werden hier durch willkürliches Durchmischen der Originaldaten realisiert, d.h. Zeitreihenlänge, Mittelwert und Standardabweichung bleiben gleich, die serielle Abhängigkeit wird aber eliminiert.

- **Nullhypothese (2):** Die zu prüfende Zeitreihe verhält sich bezüglich der Prüfgrösse wie ein linearer autoregressiver Prozess 1. Ordnung (ein sog. Ornstein-Uhlenbeck-Prozess: $x_t = a_0 + a_1 x_{t-1} + \delta e_t$). Der Prozess ist dann ein c2-System. Die Surrogatdaten sind in diesem Test verschiedene Realisationen eines AR(1)-Modells der Zeitreihe. Die Parameter des Ornstein-Uhlenbeck-Prozesses werden anhand der Originalzeitreihe nach der üblichen Methode kleinster Quadrate gefittet (a_0 : Konstante des AR-Prozesses; a_1 : AR(1)-Koeffizient; δ : Faktor, der dafür sorgt, dass die Surrogatzeitreihen gleiche Varianz wie die Originalzeitreihe haben).

Wenn man als Prüfgrösse die Vorhersagbarkeit nach dem Algorithmus von Sugihara & May (1990) einsetzt, belegt die Zurückweisung beider Nullhypothesen, dass die Zeitreihe überzufällige serielle Struktur enthält und nicht autoregressiv-linear ist. Es handelt sich dann also um ein c_1 -System.

Eine weitere Bootstrap-Methode ist die "Noise versus Chaos"-Methode (NVC) nach Kennel & Isabelle (1992), die ebenfalls in Kapitel 3 eingeführt wurde. Mit dem NVC überprüft man, ob ein statistischer Unterschied in den Vorhersagefehlern von Originaldaten und von Zufallszahlen mit identischen Powerspektren besteht. Damit kann also eine weitere Nullhypothese aufgestellt und getestet werden:

- **Nullhypothese (3):** Die zu prüfende Zeitreihe verhält sich bezüglich der Prüfgrösse wie "farbiges Rauschen" bzw. wie ein allgemeiner $ARMA(p,q)$ -Prozess mit identischem Powerspektrum.

Die Restmenge an möglichen Dynamiken c_1 ist natürlich gross und vielgestaltig, auch wenn $AR(1)$, $ARMA(p,q)$ und der Zufall ausgeschlossen werden können. Theiler et al. (1992) beschreiben noch weitere Nullhypothesen, die auszuschliessen sind, bevor auf einen "echten" nichtlinearen Prozess geschlossen werden könne; dazu gehört die Hypothese einer nichtlinearen Transformation eines linearen normalverteilten Zufallsprozesses und die Hypothese "verrauschte Grenzyklen". Sophistiziertere Tests werden auch möglich, wenn man die verwendete Prüfgrösse variiert. Ich benutze in den "Prozessgestalten" drei verschiedene Masse: die Vorhersagbarkeit nach Sugihara & May, die Vorhersagbarkeit nach Kennel & Isabelle, die algorithmische Komplexität. Eine interessante weitere Grösse stellt die Abnahme an Vorhersagbarkeit mit wachsendem Vorhersagezeitraum dar, was im folgenden als Kennzeichen bzw. Fingerabdruck chaotischer Dynamik beschrieben wird (Wales, 1991).

Die auch nach vielen Prüfungen verbleibende Restmenge an möglichen Dynamiken wurde oben (Abschnitt 3.3.2) als Problematik einer nichtlinearen Modellierungsmethode bereits besprochen. Der Vorteil des Bootstrap-Ansatzes liegt daher gerade darin, dass beliebige weitere Nullhypothesen formuliert werden können. In einem falsifikatorischen Verfahren kann so die Zahl der Kandidaten für die tatsächlich vorliegende Dynamik iterativ (nach einem Baukastensystem) eingegrenzt werden.

8.2.2 Zwei exemplarische Zeitreihen

8.2.2.1 Eine Zeitreihe zum Rauchverhalten

Dieser Datensatz aus täglichen Beobachtungen enthält jeweils die Anzahl im Verlaufe des Tages gerauchter Zigaretten. Beobachtungszeitraum waren 1554 aufeinander folgende Tage. Die Versuchsperson war ein 28-jähriger Psychologiestudent, der seinen eigenen Zigarettenkonsum dokumentierte. Ein Zeitreihenplot der Daten (Abb. 8.2.1) zeigt starke Schwankungen des Konsums von Tag zu Tag, bei einem Mittel von ca. 13 Zigaretten pro Tag (Standardabweichung: 6.6).

A) Fragestellung

Da es sich bei den Daten um eine selten umfangreiche Erhebung eines klinisch relevanten Verhaltens (Nikotinmissbrauch) handelt, das zudem anhand objektiver Daten dokumentiert ist, soll versucht werden, die serielle Struktur dieses Prozesses exemplarisch zu erkunden. Insbesondere soll untersucht werden, ob die starken Schwankungen im Rauchverhalten des Probanden darauf zurückgeführt werden können, dass es sich um eine dynamical disease handelt.

Verschiedene Möglichkeiten können mit dem oben genannten statistischen Verfahren geprüft werden: die trivialste Möglichkeit ist die Annahme eines Zufallsprozesses, was angesichts der Zeitreihendarstellung nicht ausgeschlossen scheint. Ebenso möglich ist aber auch, dass der Verlauf aus Abb. 8.2.1 die Realisation eines nichtlinearen deterministischen Systems ist; letzterer Befund wäre kompatibel mit der Auffassung, dass ein niedrigdimensionales dynamisches System diesen Verhaltensaspekt zumindest mitbestimmt und dadurch im Zeitverlauf eine Prozessgestalt erzeugt.

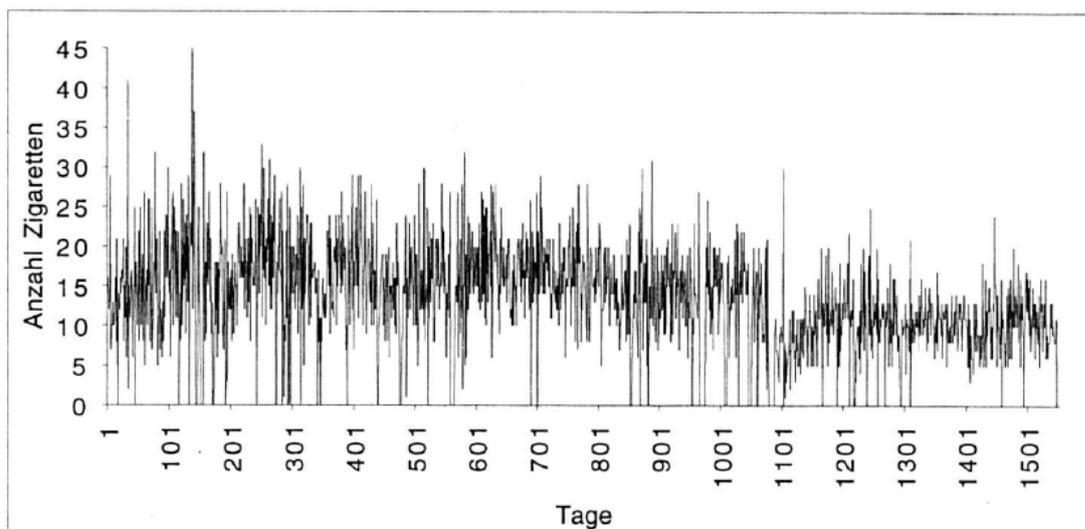


Abb. 8.2.1. Zeitreihe täglich geraucher Zigaretten eines Individuums

B) Analyse

Stationarität:

Obwohl die visuelle Inspektion der Zeitreihe einen Einschnitt etwa bei Tag 1100 zeigt, auf den folgend die Zeitreihe einen niedrigeren Mittelwert anzunehmen scheint, ergibt die Prüfung der Stationarität mit τ_μ und τ_τ eine hochsignifikante ($p < .0001$) Zurückweisung der Annahme der Nichtstationarität.

Fourier-Analyse:

Die Spektralanalyse mit der Fourierzerlegung ergibt das Periodogramm nach Abb.

8.2.2. Einzelne Frequenzen sind durch hohe Spikes gekennzeichnet, so dass nicht von einem "flachen Spektrum", wie es für white noise charakteristisch wäre, ausgegangen werden kann. Dies zeigen auch zwei Statistiken, die aufgrund der Fourierzerlegung einen Test auf white noise erlauben (Software: SAS Prozedur "Spectra"): Fisher's Kappa wie auch die Kolmogorov-Smirnov Statistik (Fuller, 1976) weisen auf die Anwesenheit signifikanter Frequenzen hin.

Der allgemeine Eindruck des Periodogramms spricht zudem für die Autoregressivität der Rauchzeitreihe, da niedrigen Frequenzen ein vergleichsweise höheres Gewicht zukommt.

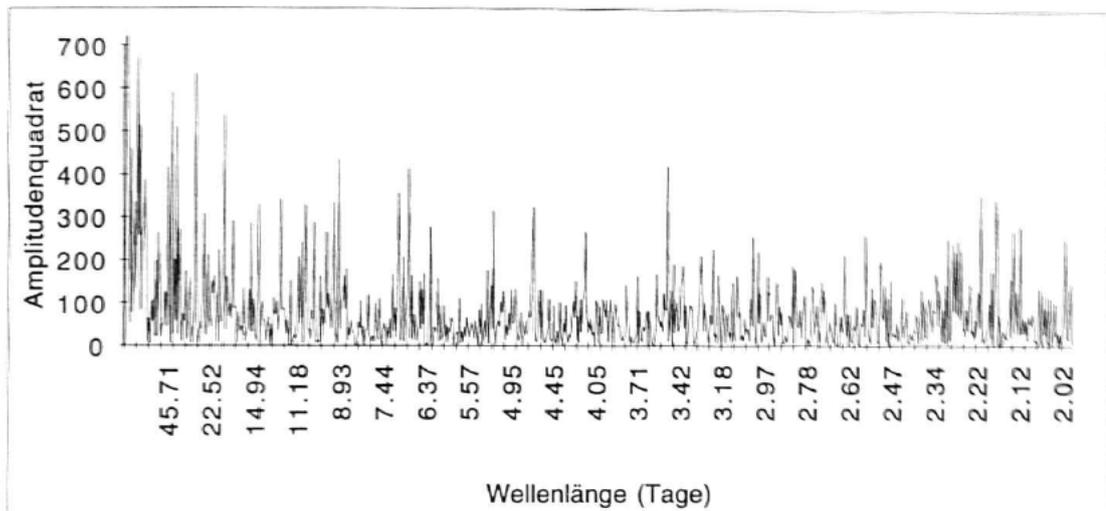


Abb. 8.2.2. Periodogramm der Zeitreihe zum Rauchverhalten

ARIMA-Analyse:

Verschiedene ARIMA-Modelle wurden für die Zeitreihe gefittet und mit dem AIC nach Akaike (1974) und dem SBC nach Schwartz (1978) bewertet. Beide Masse beschreiben die Anpassungsgüte (den fit) eines linearen Modells.

Sowohl die einmal differenzierte als auch die nichtdifferenzierte Zeitreihe (Differenzieren ist ein Standardverfahren der Zeitreihenanalyse, mit dem Zeitreihen stationär gemacht werden können; statt der Originalwerte werden die jeweiligen Differenzen aufeinanderfolgender Werte verwendet) kann am besten mit den beiden ersten autoregressiven und moving average Komponenten approximiert werden. Das optimale lineare Modell ist also ein (einmal differenziertes) ARIMA(2,1,2) bzw. ein (nichtdifferenziertes) ARMA(2,2). Das ARIMA-Modell lautet folgendermassen:

$$z_t = 0.662z_{t-1} + 0.057z_{t-2} + a_t - 1.553a_{t-1} + 0.558a_{t-2}, \quad (\text{VIII.2})$$

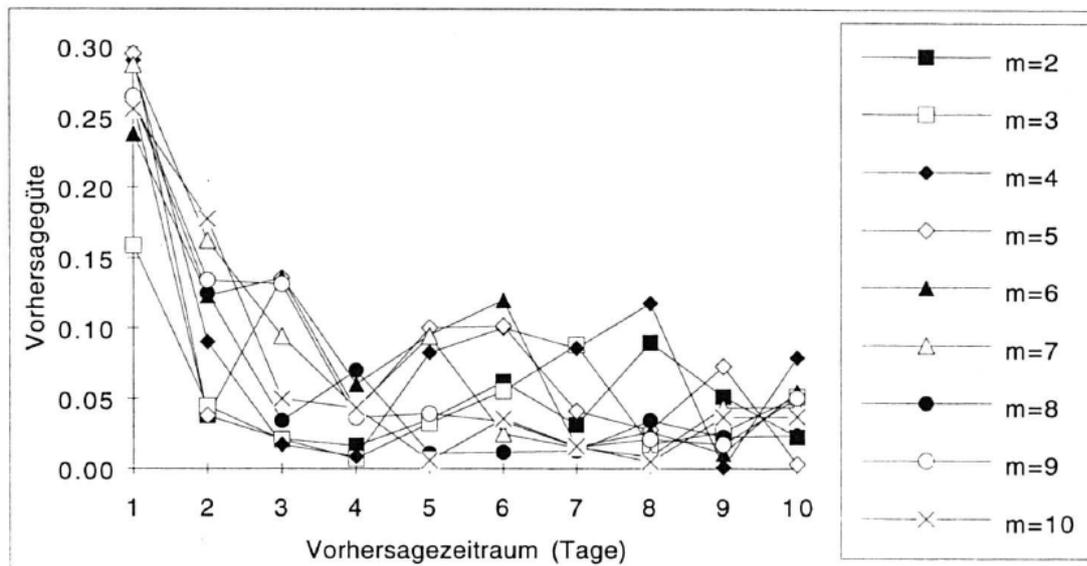
wobei z_t die Zustandsvariable "Zigarettenkonsumänderung am Tag t " und a_t eine Gauss'sche Zufallsvariable bedeuten.

ARIMA-Schätzungen erfordern oft eine Abwägung zwischen dem Wunsch nach guter Anpassung eines Modells und der Erfordernis der Sparsamkeit eines Modells.

Aus diesem Grund wäre zu überlegen, ob der zweite autoregressive Parameter des obigen Modells (die AR(2)-Komponente) nicht besser zu vernachlässigen wäre, da er betragsmässig klein ist und in der SAS-Analyse einen nichtsignifikanten t -Wert aufweist (s. Scheier & Tschacher, 1994a). Dagegen spricht, dass SAS bei Vorgabe eines ARIMA(1,1,2)-Modells ein qualitativ anderes Modell fittet, dessen Parameter mit den in Gleichung (VIII.2) genannten nicht mehr übereinstimmen, und das auch sonst schlechtere Gütekriterien erbringt. Die komplette Darstellung des Für und Wider beim linearen Modellieren ist oft kompliziert und soll hier nicht weitergeführt werden (Schmitz, 1989).

Vorhersagequalität:

Da es sich um eine univariate Zeitreihe handelt, muss für die Anwendung nichtlinearer Methoden der Phasenraum nach der Methode von Takens (1981) rekonstruiert werden. Als Zeitverzögerungskonstante verwendete ich $\tau = 1$ gemäss der Faustregel, denjenigen lag zu verwenden, bei dem die Autokorrelationsfunktion ihr erstes Minimum aufweist. Die Vorhersagbarkeit kann damit für verschiedene Einbettungsdimensionen m und für wachsende Vorhersagezeiträume berechnet werden. Benutzt wurde der parameterfreie Vorhersagealgorithmus nach Sugihara & May (1990; s. Abschnitt 3.1.2.2). In Abb. 8.2.3 sind die Vorhersagegüten als Korrelationen des vorhergesagten vs. realen Wertes für die jeweils 10 nächsten Tage und für zwei- bis zehndimensionale Zustandsräume dargestellt.



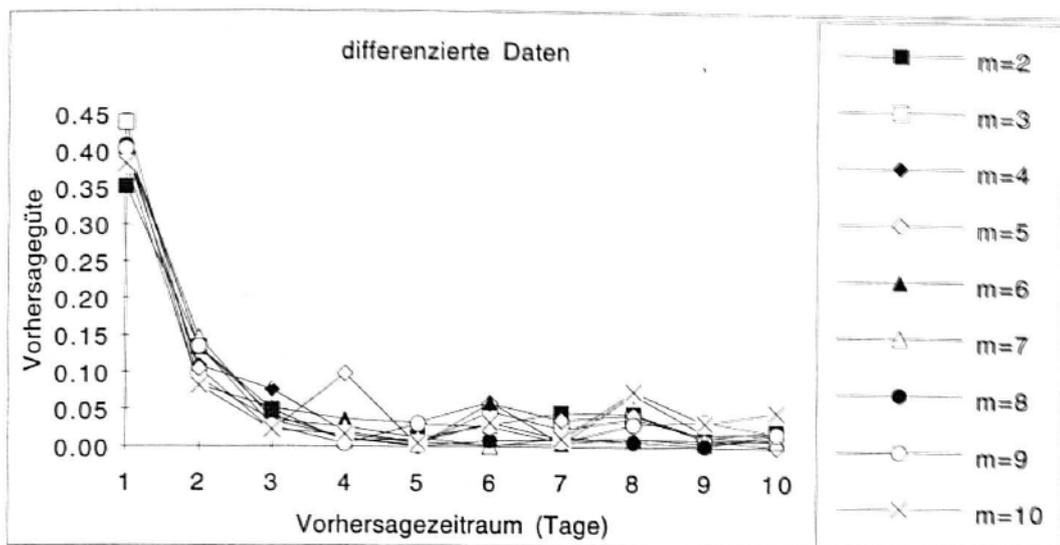


Abb. 8.2.3a. Vorhersagbarkeit des Rauchverhaltens. 8.2.3b. Vorhersagbarkeit bei einfach differenzierten Daten

Der exponentiell abfallende Verlauf sowohl für die Rohdaten wie auch die einmal differenzierten Daten zeigt, dass die Vorhersagbarkeit rasch abnimmt. Voraussagen über mehr als 2 bis 3 Tage liegen im Bereich des Zufalls. Dies ist ein Kennzeichen für Prozesse mit sensibler Abhängigkeit von Anfangsbedingungen, aber auch für andere, stochastische Systeme. Der höchste Wert für Vorhersagbarkeit beläuft sich auf etwa $r=0.30$ ($r=0.45$ für die differenzierten Daten). Es ist also stets ein beträchtlicher Anteil an Fluktuationen in der Messung zu berücksichtigen.

Die optimale Einbettungsdimension kann als diejenige Einbettung geschätzt werden, bei der das System die höchste Prognostizierbarkeit aufweist. Dies ist für die Rohdaten $m = 5$, für die differenzierten Daten $m = 3$.

Bootstrap-Studien:

Auf der Basis der Vorhersagegüten wurden nun die oben genannten Nullhypothesen geprüft. Dabei wurden bei diesem Datensatz $N = 50$ Surrogatdatensätze verwendet. An der Verteilung der Vorhersagbarkeit dieser Surrogate wird die Vorhersagbarkeit der echten Zeitreihe bewertet.

Offensichtlich handelt es sich bei der Rauchzeitreihe um einen nicht rein deterministischen Verlauf, wie die Vorhersagekorrelationen zeigen. Die Zeitreihe kann aber von einem rein stochastischen α -System hochsignifikant unterschieden werden (durch Vergleich mit der Prognostizierbarkeit von Surrogatzeitreihen, die aus den zufällig durcheinandergewürfelten Rohdaten bestehen). Auch die Nullhypothese (2), dass den Daten ein linearer Prozess zugrundeliegt, kann zurückgewiesen werden ($p = .002$ bei Einbettungsdimension 5). Allerdings ist die Zurückweisung im Falle der differenzierten Daten fragwürdig ($p = .06$ bei $m = 3$).

Damit kann davon ausgegangen werden, dass die Rauchzeitreihe eine in zufällige Schwankungen eingelagerte nichtlineare Struktur aufweist, also ein c_1 -System ist.

Mit der NVC-Methode ergibt sich ein entsprechendes Bild: das Effektmass bei $\tau = 1$ und $m = 5$ ist sehr signifikant im Sinne einer Zurückweisung von Nullhypothese (3); die Zeitreihe enthält also Strukturen, die auch mit einer ARMA(p,q)-Modellierung (realisiert durch die phasenrandomisierten Surrogate) nicht zu erklären sind.

Lyapunov-Exponenten:

In Kapitel 3 wurde der grösste Lyapunov-Exponent eines Systems als definierendes Merkmal chaotischer Dynamik eingeführt: er bezeichnet die Divergenz oder Konvergenz benachbarter Trajektorien. Die "charakteristischen Exponenten" gehören zu den ergodischen Massen eines dynamischen Systems (Eckmann & Ruelle, 1985), d.h. sie bezeichnen Invarianten der Systemdynamik. Der grösste Lyapunov-Exponent λ_1 ist ein Indikator für die Divergenz benachbarter Trajektorien in einer Phasenraumrichtung. Divergenz ($\lambda_1 > 0$) weist auf Informationsproduktion und sensible Abhängigkeit von Anfangsbedingungen hin, d.h. auf deterministisches Chaos. Die Bestimmung von λ_1 ist sinnvoll, wenn die Testung der Nullhypothesen (1) und (2) ergeben hat, dass es sich bei einem Zeitverlauf um ein nichtlineares c1-System handelt. Sie ergibt nämlich einen Hinweis darauf, ob Nichtlinearität im Sinne von deterministischem Chaos vorliegt. Der Algorithmus nach Wolf et al. (1985) wurde verwendet.

Allerdings ist der experimentelle Einsatz von Algorithmen zur Bestimmung dieses Masses mit Problemen verbunden — beispielsweise zeigen auch MA-Prozesse positive Lyapunovexponenten und die verlässliche Berechnung ist an das Vorhandensein einer sehr hohen Anzahl von Messpunkten des Systems geknüpft (Ott et al., 1994).

Der von uns berechnete Wert von $\lambda_1 = 0.98$ deutet auf Divergenz im Phasenraum hin, die durch die Chaotizität der dem Rauchverhalten zugrundeliegenden Prozessgestalt hervorgerufen sein könnte.

C) Diskussion

Die genannten Analysen der beschriebenen Zeitreihe zum Rauchverhalten eines Probanden bieten deutliche Anhaltspunkte für die Vermutung, es könne dem Symptom "Rauchen" ein nichtlineares dynamisches System zugrundeliegen. Im Ausschlussverfahren durch Bootstraptests konnte plausibel gemacht werden, dass die Zeitreihe überzufällige serielle Struktur besitzt; ausserdem erreicht weder ein autoregressiver noch ein phasenrandomisierter Zufallsprozess die Vorhersagemöglichkeiten des Originaldatensatzes. Man kann daher annehmen, dass eine (noch unbekannt) Form eines nichtlinearen Zusammenhangs in einem fünfdimensionalen Phasenraum die zeitliche Evolution dieses Verhaltens mitbestimmt. Mehr als die Hälfte der Varianz ist stochastisches Fluktuieren. Die Zeitreihe ist also wohl ein c1-System. Mehr noch: es ist nicht auszuschliessen, dass der deterministische Kern der Zeitreihe ein chaotischer Attraktor ist. Hierauf deutet die Divergenz von Trajektorien hin (es ergibt sich ein positiver Lyapunov-Exponent), wobei die Zeitreihe dennoch in einem um-

schriebenen Bereich des Phasenraums verbleibt.

8.2.2.2 Aggressionszeitreihe

Grundlage des folgenden Fallbeispiels sind Beobachtungsdaten von einer 27-jährigen Bewohnerin eines Wohnheims für geistig Behinderte. Diese Patientin ist minderintelligent und entwicklungsretardiert, und leidet ausserdem an deutlichen Symptomen einer Schizophrenie. Im Laufe der Jahre erwies sich ihre ausgeprägte Aggressivität und Autoaggressivität als grösstes Problem in der Betreuung (Tschacher & Haas, 1994). Die vorliegende Zeitreihe ist ein Rating der Aggressivität durch den konstanten Einzelbetreuer der Patientin oder (bei Abwesenheit) dessen Vertretung (Abb. 8.2.4).

Die Beobachtungen umfassen 660 Tage in Reihe. Einige wenige fehlende Angaben wurden linear interpoliert. Angegeben sind die minimalen und die maximalen Aggressivitätsausprägungen pro Tag. Der Rater entwickelte für seine Einschätzungen eine fünfstufige Skala (1=Aggressivität kaum vorhanden, bis 5=tätlich aggressiv und autoaggressiv), auf der er auch Zwischenwerte verwendete. Die Skala ist damit effektiv neunstufig.

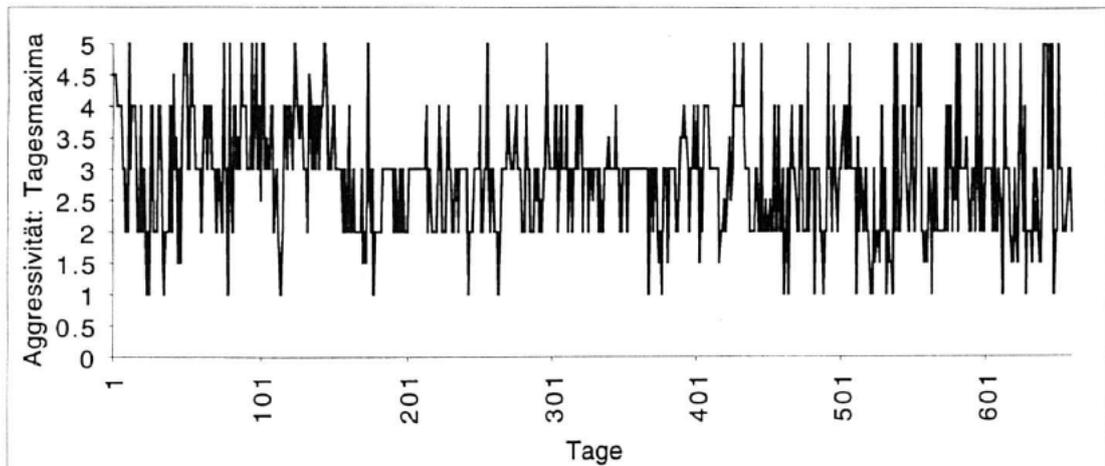


Abb. 8.2.4. Zeitreihenplot der Aggressivität einer betreuten Person (Tagesmaxima)

A) Analyse

Stationarität:

Die visuelle Inspektion der Zeitreihe ergibt keine Anhaltspunkte auf Nichtstationarität in Form eines Trends oder einer rampenartigen Mittelwertsverschiebung. Entsprechend zeigt die Prüfung der Stationarität mit τ_μ und τ_τ eine hochsignifikante ($p < .0001$) Zurückweisung der Annahme der Nichtstationarität.

Fourier-Analyse:

Die Spektralanalyse mit der Fourierzerlegung ergibt das Periodogramm nach Abb. 8.2.5. Die white noise-Annahme, dass alle Spektralkomponenten gleichwahrscheinlich seien, kann für die tägliche Maximalausprägung der Symptomatik auf dem 5%-Niveau, für die Tagesminima auf dem 1%-Niveau zurückgewiesen werden (Fisher's Kappa). Der Verlauf des Periodogramms deutet, insbesondere nach entsprechender Glättung, auf die Autoregressivität des Aggressionsverlaufs hin.

ARIMA-Analyse:

Wiederum wurden verschiedene ARIMA-Modelle für die Zeitreihe gefittet und mit geeigneten Statistiken bewertet (AIC nach Akaike (1974), SBC nach Schwartz (1978), die ACF und PACF, die Standardfehler der Parameter, die Autokorrelation der Residuen).

Die white noise-Annahme kann aufgrund der Autokorrelation der Zeitreihe zurückgewiesen werden. Es ergibt sich für beide Aggressionszeitreihen (Tagesminima y_t und -maxima z_t) ein ARMA(1,1)-Modell als beste Schätzung.

$$\begin{aligned} y_t &= 0.861y_{t-1} + a_t - 0.679a_{t-1} \\ z_t &= 0.807z_{t-1} + \varepsilon_t - 0.631\varepsilon_{t-1} \end{aligned} \tag{VIII.3}$$

Das Gleichungssystem (VIII.3) berücksichtigt im übrigen *nicht* die Kovarianz zwischen den Tagesminima und -maxima, also die wechselseitige lineare Abhängigkeit. Dieses multivariate Problem kann aber mit Hilfe einer Zustandsraumdarstellung (Akaike, 1976) untersucht werden. Das vollständige Modell soll hier nicht expliziert werden; es zeigt sich aber, neben den zu erwartenden autoregressiven Komponenten, ein signifikanter dämpfender Einfluss der Minima auf die Tagesmaxima der Aggression.

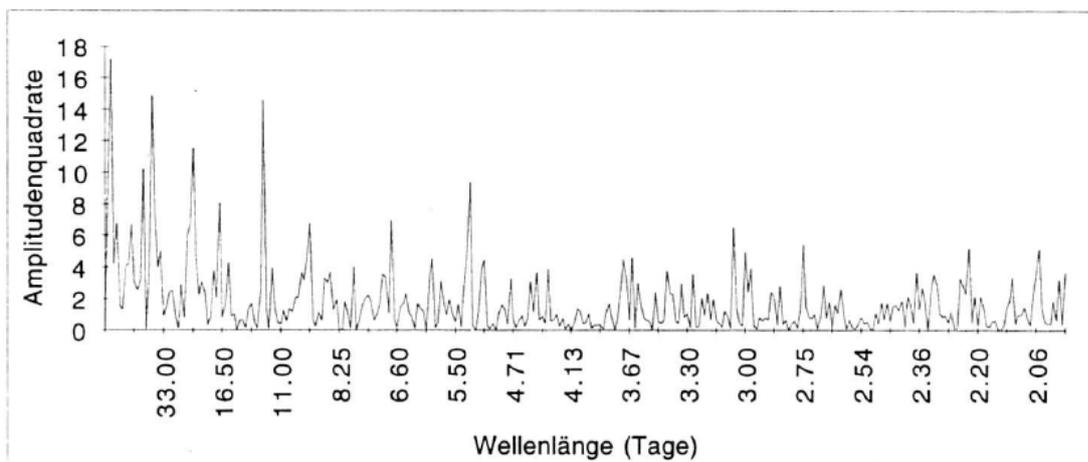


Abb. 8.2.5. Periodogramm der Zeitreihe in Abb. 8.2.4

Vorhersagequalität:

Als Zeitverzögerungskonstante verwendete ich $\tau = 1$. Der Vorhersagealgorithmus nach Sugihara & May (1990; s. Abschnitt 3.1.2.2) ergibt die in Abb. 8.2.6 abgebildeten Korrelationen der vorhergesagten vs. realen Werte.

Der Verlauf zeigt ein wellenförmiges Muster: Der deterministische Anteil (die Höhe der Vorhersagbarkeit) in diesem System ist sowohl für die Minima als auch die Maxima sehr gering (.23 bzw. .16); nach einer Verschiebung um ca. 7 Tage ergibt sich eine neuerlich erhöhte Vorhersagbarkeit. Dies deutet auf die in der Zeitreihe enthaltene Periodizität hin, die sich bereits in der Fourieranalyse erwies.

Die optimale Einbettungsdimension kann als diejenige Einbettung geschätzt werden, bei der das System die höchste Vorhersagbarkeit aufweist. Dies ist für die Minima $m = 6$, für die Maxima $m = 7$.

Bootstrap-Studien:

Auf der Basis der Vorhersagegüten wurden die Nullhypothesen "Zufall" und "Linearität" geprüft. Dabei wurden $N = 50$ Surrogatdatensätze verwendet. Als Zeitverzögerungskonstante bei der Rekonstruktion des Phasenraums wurden $\tau = 3$ für die Minima und $\tau = 5$ für die Maxima der Aggressionszeitreihe angesetzt, entsprechend dem lag des ersten Minimums der jeweiligen Autokorrelationsfunktion.

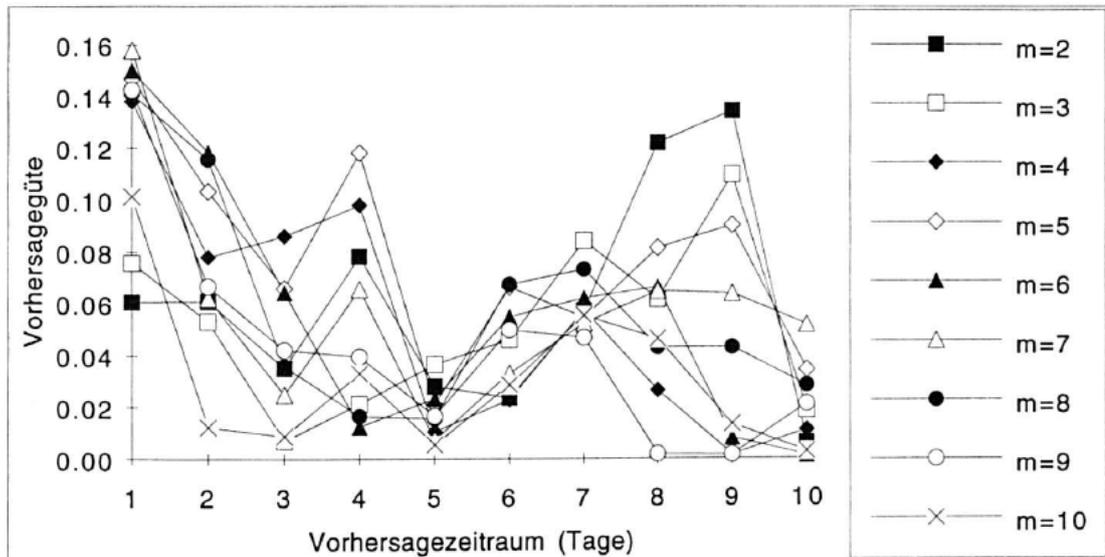


Abb. 8.2.6. Vorhersagbarkeit der Aggressionszeitreihe

Die Surrogatdatentests erlauben eine Zurückweisung der Zufallsannahme auf dem 1%-Niveau. Die Linearitätshypothese dagegen muss für die Minima aufrechterhalten werden; für die Zeitreihe der Aggressionsmaxima gilt dies ebenso, wenn man die Gesamttendenz der Tests für Einbettungen $2 \leq m \leq 10$ betrachtet. Einzelne Tests (z.B. bei 4- und 5-dimensionaler Einbettung) deuten auf eine mögliche Zurückweisung der Linearitätshypothese hin.

Mit dem Algorithmus NVC zeigen sich keine Effektmasse, die für eine Zurück-

weisung von Nullhypothese (3) plädieren würden.

Lyapunov-Exponenten:

Konsistent mit dem Ergebnis der Bootstraptests ergab sich kein von Null unterschiedener grösster Lyapunov-Exponent.

B) Diskussion

Die Aggressionszeitreihen zeigen wenige Anhaltspunkte für das Vorliegen einer dynamical disease. Im Sinne eines ökonomischen Vorgehens sollte diese Zeitreihe linear modelliert werden, d.h. als ARMA(1,1)-Modell mit dem Box-Jenkins-Ansatz oder durch Fourier-Zerlegung beschrieben werden. Die Dämpfung der Maxima durch die Minima könnte auf ein relativ konstantes "Aggressionspotential" hinweisen: wenn bereits die Minima an Aggressivität an einem Tag hoch sind, sind nicht zusätzlich auch hohe Aggressivitätsspitzen zu erwarten.

8.2.3 Soteriastudie

Die folgenden beiden Studien in Abschnitt 8.2.3 und 8.2.4 behandeln die Verläufe von Psychosen (besonders Schizophrenien) aus Sicht der Theorie dynamischer Systeme. Sind Schizophrenien prozessgestalthafte dynamische Erkrankungen?

Die klinische Beobachtung zeigt, dass Menschen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt ihres Lebens produktiv-psychotische Symptome entwickeln, mittel- und langfristig sehr unterschiedliche Verläufe aufweisen. Alle klassischen Beschreibungen der Schizophrenien durch die Psychiatrie seit Kraepelin und Bleuler betonen den prozesshaften Charakter dieser Störungen. In dieser Tradition entstanden eine Vielzahl von Modellen und Theorien, die Merkmale solcher Prozesse zu ordnen versuchen (Ciompi & Müller, 1976; Strauss et al., 1985). Jedoch bleibt diese Tradition der Untersuchung psychotischer Prozesse zum einen Teil einer qualitativ-deskriptiven, zum anderen Teil einer querschnittsorientierten empirischen Forschung verpflichtet; Häfner & Maurer (1991, S.154) sprechen in einem Überblick nach wie vor von "extreme shortcoming of longitudinal research".

Aus der Sicht der Theorie dynamischer Systeme vertritt der Ansatz der "dynamischen Krankheiten", dass psychotisches sich von nicht-psychotischem Verhalten im wesentlichen durch die Realisation eines anderen dynamischen Regimes bzw. einer anderen Form von Homöostase unterscheidet. Es ist wohl unangebracht, Psychose und Schizophrenie *an sich* als "chaotisch", "nichtlinear" oder mit einem sonstigen Attribut versehen zu wollen; auch Schizophrenie als der engere Begriff bezeichnet vermutlich noch heterogene Typen von Störungen (Andreasen & Olsen, 1982). Diese Störungen wirken sich zudem auf verschiedenen Systemebenen dynamisch unterschiedlich aus.

Ich beschränke mich hier auf Aussagen über nur eine spezielle Systemebene, nämlich die des psychopathologischen Pfads von Psychosen in mittlerer Erstreckung (200 bis 800 Tage). Mit der oben eingeführten Klassifikation ist es möglich, Typen von Schizophreniedynamik auf empirischer Basis qualitativ zu unterscheiden. Anschliessend werde ich diese Klassifikation mit phänomenologischen und diagnostischen Merkmalen der Krankengeschichten vergleichen (Tschacher et al., 1997b).

Meine Hypothese zur Art der Psychosedynamik lautet folgendermassen: psychotische Episoden können Manifestationen eines nichtlinearen, möglicherweise chaotischen Systems darstellen. Hinweise hierfür ergeben sich vor allem aus den Arbeiten von Ciompi und Mitarbeitern (Ciompi et al., 1992), hier mit dem Fokus auf fraktalen Dimensionalitäten. Schmid (1991) weist auf Folgerungen hin, die die Skaleninvarianz chaotisch-fraktaler Attraktoren für eine Mehrebenenbetrachtung der Schizophrenie haben könnte. Ausgehend von der fraktalen Dimensionalität des EEGs von Schizophrenen vertritt er die Auffassung, dass auch der psychopathologische Verlauf fraktal im Sinne der Selbstähnlichkeit sein sollte.

A) Methode

Untersuchungsteilnehmer:

Alle untersuchten Patienten wurden in der "Soteria Bern" behandelt. Die Soteria ist eine an Gedanken der Milieuthherapie und Affektlogik orientierte Akutstation zur Behandlung vorwiegend ersterkrankter psychotischer Menschen (Ciompi, 1991; Aebi et al., 1993a). Voraussetzung für die Aufnahme in die vorliegende Stichprobe war, dass die täglichen Ausprägungen der psychotischen Symptomatik des Patienten über eine hinreichend lange Zeitspanne (mindestens 200 Tage) fast lückenlos beobachtet werden konnte. Es handelt sich bei unserer Patientengruppe also nicht um eine Zufallsstichprobe, sondern um eine Population von Soteria-Patienten mit langer Hospitalisationsdauer.

Die Patienten wurden ausserdem durch zwei unabhängige Beobachter bezüglich phänomenologischer Charakteristika eingeschätzt. Diese Einschätzungen beruhen jeweils auf detaillierter persönlicher Interaktionserfahrung mit den Patienten. Eine Darstellung der Merkmale der 14 in dieser Weise dokumentierten Langzeitpatienten ist in Tab. 8.2.1 gegeben. Die Diagnosen sind klinische DSM-IV Diagnosen, die den Krankengeschichten entnommen wurden (10 Schizophrenien, 2 schizoaffektive Störungen, 1 schizophreniforme Störung, 1 kurze psychotische Störung). Zusätzlich zu den Symptomratings sind in Tab. 8.2.1 die mittleren Dosierungen psychoaktiver Drogen angegeben, die die Patienten erhalten haben.

Pt.	sex	Alter (Jahre)	n (Tage)	Neuroleptika (mittlere Dosis)	mittlere Psychotizität	frühere Aufnahmen	Ausbildung	Rehab
53	m	24	212	158.6	2.43	keine	Lehre	gut
56	m	18	503	91.3	3.28	keine	abgebrochen	gut
47	w	20	572	502.3	5.37	keine	abgebrochen	schlecht
58	w	26	291	15.9	3.59	keine	Lehre	schlecht
51	w	23	222	190.5	4.13	1	Lehre	schlecht
19	w	29	203	228	2.78	1	Lehre	gut
34	m	25	762	102.9	2.26	keine	abgebrochen	schlecht
48	w	37	207	112.7	1.82	ca. 10	Lehre	gut
54	w	32	681	23.8	2.92	keine	Hochschule	schlecht
13	w	23	326	409.3	6.03	2	abgebrochen	gut
24	m	27	234	4.1	4.01	1	abgebrochen	gut
62	m	20	227	57.6	3.27	3	Lehre	gut
57	w	26	236	239.1	3.43	keine	abgebrochen	schlecht
41	w	18	297	0	1.73	keine	keine	gut

Pt.	diagnostischer Eindruck	DSM	Attribution	High-(EE)	soziale Beziehungen
53	paran. Schizophrenie; Verfolgungswahn	295.3	extrin.	nein	nein
56	paran. Schizophrenie; relig. Wahn, Stimmen, Echo-praxie	295.3	intrin.	ja	nein
47	Schizophrenie, desorgan. Typ, Anergie, irrel. Affekt	295.1	extrin.	nein	nein
58	paran. Schizophrenie; Verfolgungswahn	295.3	extrin.	ja	nein
51	Schizophrenie, desorgan. Typ; prämorbid schlecht angepasst	295.1	extrin.	ja	nein
19	schizophreniforme Störung	295.4	intrin.	nein	ja
34	Schizophrenie, desorgan. Typ; Suizid 1/90	295.1	extrin.	nein	nein
48	schizoaffektive Störung, depressiver Typ	295.7	intrin.	nein	ja
54	katatone Schizophr.; Mutismus, maniert, Stimmen	295.2	intrin.	ja	nein
13	paran. Schizophr.; Stimmen, unangepasster Affekt	295.3	extrin.	ja	ja
24	paran. Schizophrenie; Verfolgungswahn, Eifersucht, Stimmen	295.3	extrin.	ja	ja
62	schizoaffektive Störung, bipolar; paran. Gedanken	295.7	extrin.	nein	ja
57	paran. Schizophr.; somatischer Wahn, Suizid 10/91	295.3	intrin.	nein	nein
41	kurze reakt. Psychose; sozialer Anlass, emotion. Ambivalenz	298.8	extrin.	ja	ja

Tab. 8.2.1. Angaben zu den Patienten der Stichprobe (Soteriastudie)

Zeitreihendaten:

Die VerlaufsvARIABLE, die täglich erhoben wurde, ist eine Fremdbeurteilung der Psychotizität des Patienten durch die Betreuer. Die verwendete siebenfach abgestufte Skala ist ausführlich in Aebi et al. (1993b) beschrieben (Tabelle 8.2.2). Im Zentrum des Interesses steht der Zeitverlauf des mit der genannten Skala eingeschätzten psychotischen Realitätsverlustes. Die Reliabilität der Einschätzungen wurde während eines sechswöchigen Ratertrainings erhoben und betrug .70 (Kendall's tau).

1	Entspannt, ausgeglichen, ruhig
2	Unsicher, ängstlich, nervös, gereizt
3	Unruhig, gespannt, geladen, aggressiv oder depressiv, verstimmt, gedrückt, traurig oder ambivalent unschlüssig
4	Verängstigt, erregt, konfus, labil, gelockerte Assoziationen
5	Derealisations- und/oder Depersonalisationsphänomene: die Umgebung oder die eigene Person erscheint unwirklich, fremd, verändert Denkstörungen: Zerfahrenheit, Gedankendrängen ("Gedankenkarussell"), Gedankenabreissen (Blockaden)
6	Beziehungsideen, wahnhaftige Projektionen, Wahn: unkorrigierbare Überzeugungen von sich und der Welt, die im Widerspruch stehen zur Wirklichkeit und zu den Erfahrungen der Mitmenschen
7	Halluzinationen: Wahrnehmungserlebnisse ohne objektive Reizquelle. Es wird etwas gehört, gesehen, gefühlt, gerochen, was nicht wirklich vorhanden ist Katatone Phänomene: motorische Blockade, Zwangshaltungen, Stereotypien, Manierismen, Bewegungsturm

Tab. 8.2.2. Kurzform des Manuals der verwendeten Einschätzskala (psychotische Derealisation in der Schizophrenie)

Den Messprozess kann man als eine Abbildung einer zugrundeliegenden kontinuierlichen Variable — psychotische Derealisation — auf eine Menge von 7 äquidistanten Kategorien einer Ratingskala ansehen. Die Zeitreihen sind daher nicht lediglich Symbolsequenzen, die man bei einem fortgesetzten Rating von untereinander unverbundenen Symptomen erhalten würde. Ich gehe vom Intervallskalenniveau der Daten aus, was der bei der Skalenkonstruktion berücksichtigten Theorie eines Kontinuums der progressiven Derealisation in der Schizophrenie (Conrad, 1958; Scheflen, 1981; Ciompi 1982) entspricht.

Der Zustandsvektor $x(t)$ nach Gleichung (VIII.1) enthält also lediglich diese eine globale Variable. Ein Beispiel für die Zeitreihen zweier Patienten ist in Abb. 8.2.7 dargestellt. Für Analysen des Phasenraums der Systeme muss dieser jeweils nach der Methode von Takens (1981) rekonstruiert werden.

Bootstrap-Studien der Prüfgrösse Vorhersagbarkeit:

Das Ziel der Soteriastudie ist die Modellierung der empirisch beobachteten Schizophrenieverläufe. Dazu wurden die den Verläufen zugrundeliegenden Systeme wieder durch forecasting-Kennwerte klassifiziert, entsprechend dem zu Beginn dieses Kapitels dargestellten Vorgehen. Die Veränderung der Vorhersagegüte über wachsende Prognosezeiträume hinweg ist charakteristisch für die Art des durch die Zeitreihe abgebildeten Systems — man erhält gewissermassen einen "Fingerabdruck" der Systemdynamik. Hierfür einige Beispiele, die aus Abb. 3.5 ersichtlich sind: ein lineares autoregressives System etwa zeigt keinen Abfall der Korrelationen, sondern

ein konstantes positives Mass an Vorhersagegüte; ein Zufallsgenerator (bzw. ein völlig verrauschtes System) weist dagegen keine signifikant von Null verschiedenen Korrelationen auf; ein deterministisch-chaotisches System wiederum zeigt entsprechend seiner definitionsgemässen "sensiblen Abhängigkeit von Anfangsbedingungen" (Bergé et al., 1984) einen Prognoseverlauf ähnlich den in Abb. 8.2.8a dargestellten: kurzfristige Vorhersagbarkeit bei längerfristiger Nichtvorhersagbarkeit ist ein grundlegendes Merkmal des deterministischen Chaos.

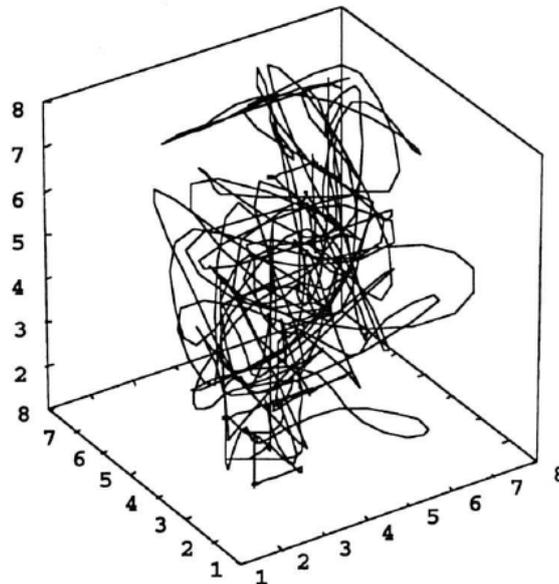
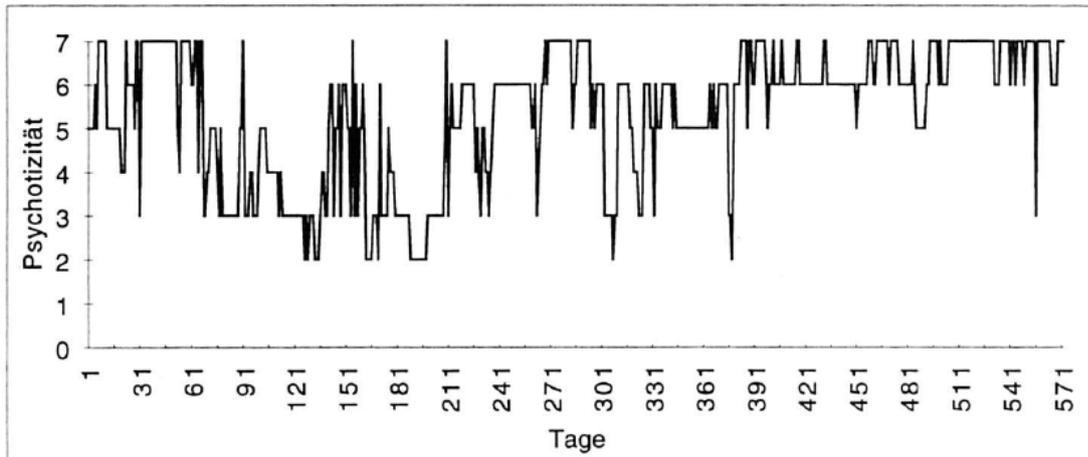


Abb. 8.2.7a Zeitreihendarstellung und dreidimensionales Phasenportrait des Verlaufes von Pt. 47. Die Achsen des Phasenraums sind Zeitverzögerungskordinaten mit $\tau = 10$ (vgl. Abschnitt 3.1.2.1). Die Trajektorie wurde geglättet

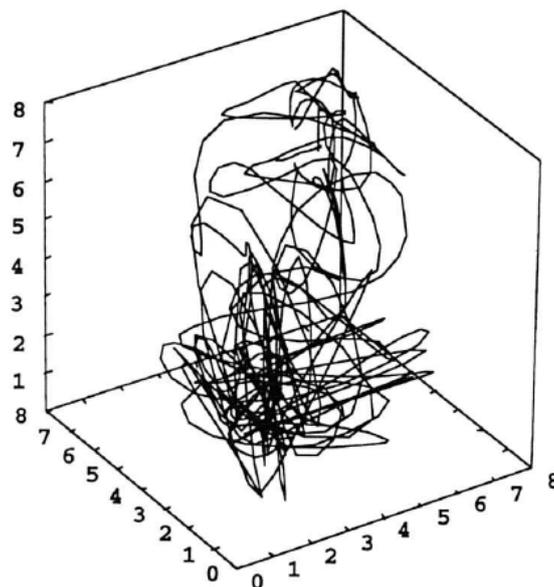
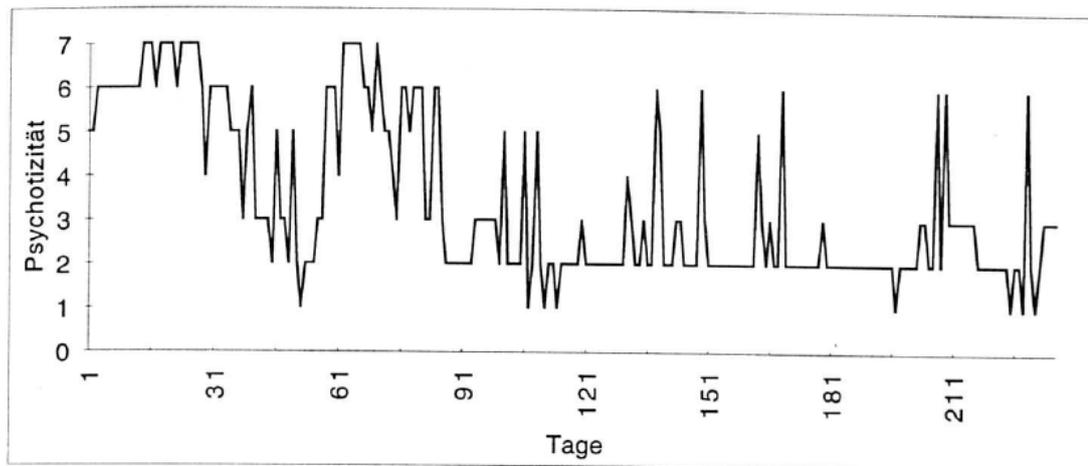


Abb. 8.2.7b Zeitreihendarstellung und Phasenportrait des Verlaufes von Pt. 57 (s. Abb. 8.2.7a)

Die Bootstrap-Methoden führen wie in den beiden anderen Datensätzen dieses Kapitels wiederum zu Nullhypothesen:

Nullhypothese (1): Die Zeitreihe ist zufällig, ohne vorhersagbare serielle Struktur.

Nullhypothese (2): Die Zeitreihe ist linear (als AR(1)) zu modellieren.

Nullhypothese (3): Die Zeitreihe ist linear-stochastisch, nur das Powerspektrum täuscht eine deterministische Struktur vor (Methode NVC).

Clusteranalyse:

Anschließend unterwarf ich die verschiedenen phänomenologischen Deskriptoren (s. Tab. 8.2.1) der 14 Zeitreihen einer Clusteranalyse, um Hinweise auf Untergruppierungen zu erhalten (vgl. das Vorgehen in der oben beschriebenen Krisenstudie). Ich verwendete eine hierarchische Clusteranalyse mit geeigneten Korrelationskoeffizien-

ten (Goodman-Kruskal-Gamma als Distanzmass für die phänomenologischen Daten) (Wilkinson, 1989). Um die Analyse auf letztere Daten anwenden zu können, mussten die Ratings quantifiziert werden — ich "übersetzte" etwa die Skala "Attribution" folgendermassen: intrinsisch=1; extrinsisch=-1.

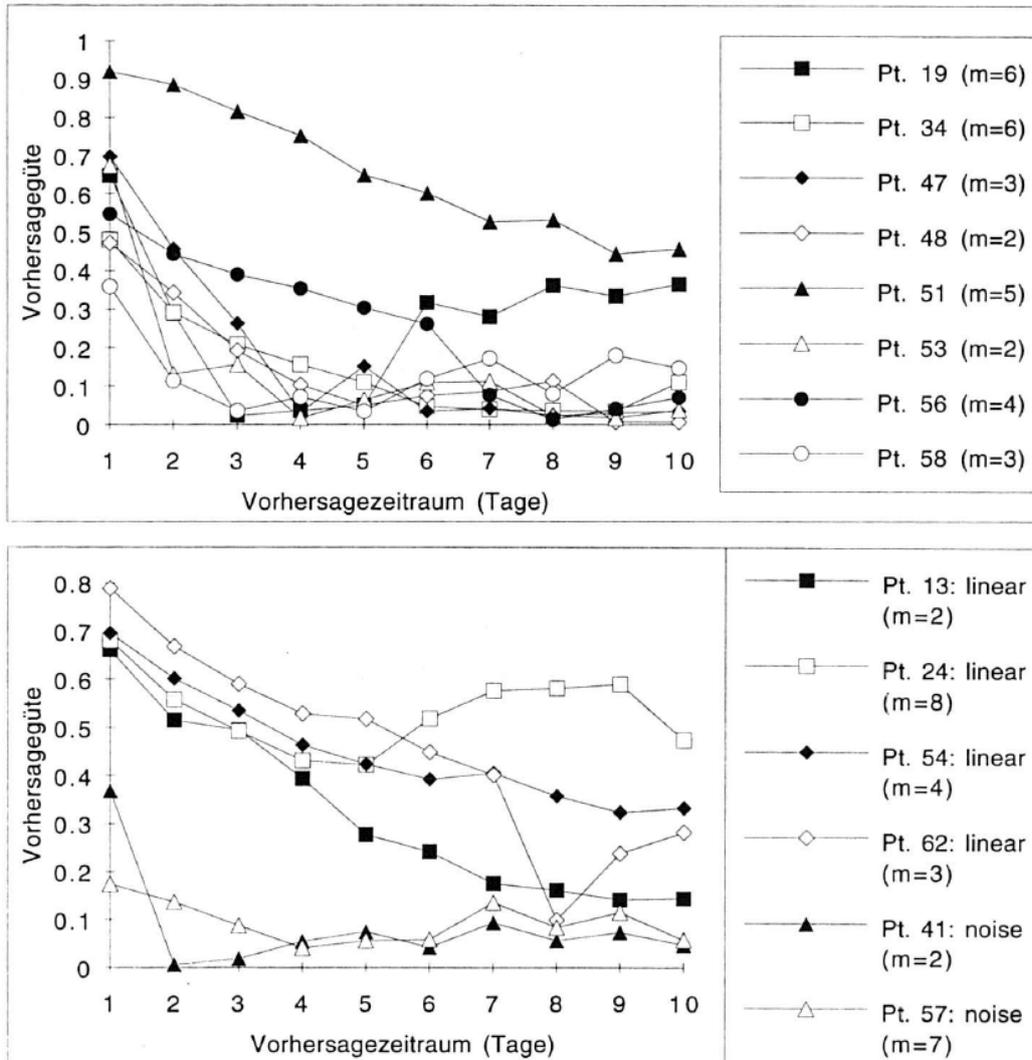


Abb. 8.2.8a,b. Verläufe der Vorhersagegenauigkeiten, die mit dem Sugihara-May-Algorithmus bestimmt wurden. Für jedes System wurde die optimale Einbettungsdimension m gewählt. (a): Patienten mit als nichtlinear klassifizierten Zeitreihen, oberes Diagramm; (b): Patienten mit linearen oder verrauschten Zeitreihen, unten

B) Ergebnisse

Bereits eine Einschätzung per Augenschein ergibt verschiedene Gruppen von Psychoseverläufen, wenn die 14 Datensätze mit dem Forecasting-Algorithmus von Sugihara & May (1990) ausgewertet werden.

Die Verläufe der Vorhersagegüten sind vollständig in Abb. 8.2.8a,b dargestellt. Die erste Gruppe in Abb. 8.2.8a weist Vorhersagegraphen auf, die denen chaotisch-deterministischer Systeme ähneln. Entsprechend den von Sugihara & May diskutierten populationsdynamischen Zeitreihen zeigt sich auch in diesen nichtlinearen Zeitreihen ein von Mal zu Mal verschiedener Rausch-Anteil, der die Eintages-Vorhersage auf Werte zwischen 0.92 (ca. 10% Rauschen) bis ca. 0.4 (ca. 60% Rauschen) reduziert (c1-Systeme). Weiterhin sind in Abb. 8.2.8b die Vorhersagedaten für solche Zeitreihen dargestellt, die die Charakteristika von Zufallsdaten (a-Systeme, "noise") oder autoregressiven Prozessen (c2-Systeme, "linear") tragen. Diese Gruppe von Verläufen zeigt eine weniger deutliche Änderung der Vorhersagegüte über die Zeit.

Wie oben ausgeführt, wurden drei Nullhypothesen mit der Surrogatdatenmethode auf Signifikanz geprüft. In Tab. 8.2.3 sind die Vorhersagegüten nach Sugihara & May für die Psychose-Zeitreihen sowie die Effektmasse für die Nullhypothesen (1) und (2) aufgeführt. Weiterhin ist das Effektmass des Noise versus Chaos-Algorithmus gegeben. Aus der Tabelle geht hervor, dass von 14 Patienten 8 (57%) nichtlineare Dynamik aufweisen. Vier der Zeitreihen sind als autoregressive Prozesse modellierbar und zwei sind als Zufallsprozesse zu charakterisieren. Die Testergebnisse sind in der Spalte "Modell" in Tab. 8.2.3 zusammengefasst. In Fällen eines unsicheren Befundes aufgrund des Augenscheins (z.B.: zeigt Pt. 13 einen nichtlinearen Fingerabdruck?) klassifiziere ich entsprechend der Bootstrapstatistik. In einem weiteren Fall (Pt. 41) findet man eine deutliche Vorhersagbarkeit; nach dem

Pt.	max. Vorhersagegüte	Nullhypothese 1	Nullhypothese 2	NVC Nullhypoth. 3		Modell
53	0.757	4.59**	3.42**	-5.12**	0.214	nonlinear
56	0.578	9.26**	6.66**	-8.32**	0.372	nonlinear
47	0.698	15.27**	2.18*	-12.55**	0.27	nonlinear
58	0.358	2.72**	8.16**	-7.12**	0.117	nonlinear
51	0.92	11.28**	1.9	-2.9**	0.142	nonlinear
19	0.671	5.13**	2.33*	-3.45**	0.243	nonlinear
34	0.479	11.64**	2.28*	-1.88	0.004	nonlinear
48	0.472	4.70**	2.18*	-3.16**	0.02	nonlinear
54	0.696	17.13**	1.23	0.47	0.014	linear
13	0.661	10.84**	1.72	0.66	0.104	linear
24	0.852	11.97**	0.87	1.09	0.002	linear
62	0.79	12.22**	0.98	-0.23	0.024	linear
57	0.174	0.8	(5.26**)	0.77	0.021	noise
41	0.477	1.66	(4.91**)	2.33*	0.002	noise

Tab. 8.2.3. Ergebnisse der nichtlinearen Vorhersagemethode und zugehörige Signifikanztests. "Vorhersagegüte": der Grad der Vorhersagbarkeit (höchste Korrelation für 1-Tages-Vorhersage); " λ ": Wert des grössten Lyapunov-Exponenten; "Nullhypothese 1": Zufalls-Effektmasse; "Nullhypothese 2": Linearitäts-Effektmasse; "Nullhypoth. 3": Effektmasse für "farbiges Rauschen" und ARMA(p,q)-Prozesse (die Werte verstehen sich stets als Abszissenwerte unter der Standardnormalverteilung; z.B. 1.96 entspricht 5%-Signifikanzniveau bei zweiseitiger Fragestellung (*); 2.58 entspricht 1%-Niveau (**))

NVC hat man jedoch einen ARMA(p,q)-Prozess zu vermuten, so dass dieser Verlauf

nicht als nichtlinear gezählt wird.

Die errechneten grössten **Lyapunov-Exponenten** gehen ebenfalls aus Tab. 8.2.3 hervor; sie unterstützen — bei aller gebotenen Vorsicht bei der Interpretation — meine Klassifikation aufgrund der Signifikanzen insofern, als nichtlineare Verläufe die höchsten λ -Werte aufweisen. Bei sechs der Psychosezeitreihen kann daher vermutet werden, dass gewisse Anzeichen einer chaotischen Dynamik vorhanden sind.

Mit einer **Clusteranalyse** wurden die phänomenologischen Deskriptoren in Tab. 8.2.1 quantifiziert und geclustert. Die Ergebnisse dieser Analyse sind in Abb. 8.2.9 als graphische Gruppierung veranschaulicht. Es zeigt sich, dass die drei Gruppierungen nach Verlaufsform in Tab. 8.2.3 *nicht* als phänomenologische Cluster auffindbar sind. Diese Nichtübereinstimmung der Eingruppierungen erweist sich auch in hier nicht weiter detaillierten Korrelationsberechnungen: zwischen phänomenologischen und quantitativ-dynamischen Variablen unserer 14 Fälle finden sich keine signifikanten Korrelationen. Dies trifft auch auf die tägliche Dosis von Neuroleptika (ausgedrückt als Chlorpromazinäquivalente in Tab. 8.2.1) zu: während diese Dosierung positiv ($r=.69$) mit der mittleren Psychotizität der Patienten korreliert, existiert keine signifikante Korrelation zu einer "nichtlinear vs. Rest"-Einteilung nach Tab. 8.2.3.

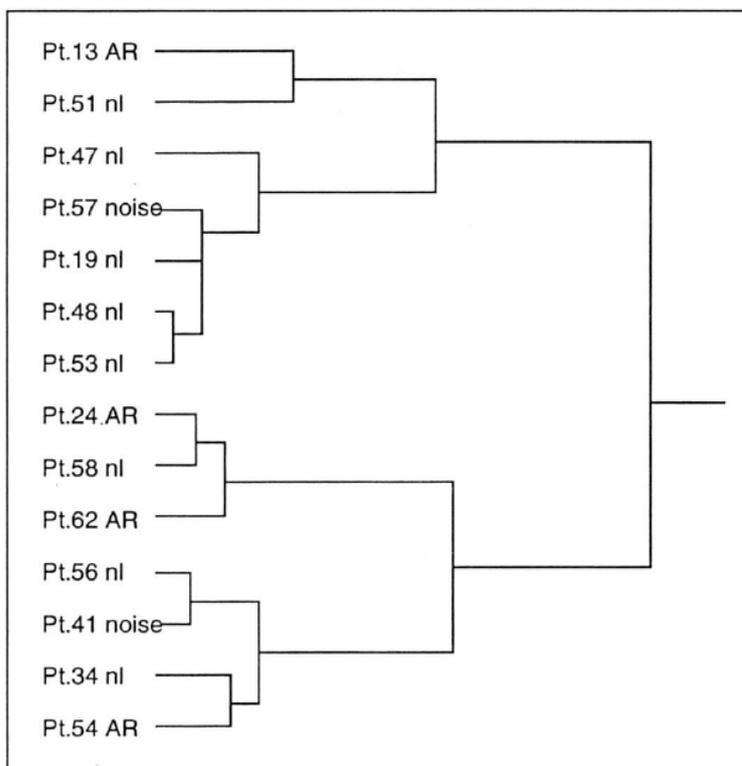


Abb. 8.2.9. Cluster der 14 untersuchten Patienten aufgrund phänomenologischer Deskriptoren (s. Tab. 8.2.1). "nl": nichtlinear; "AR": autoregressiv

C) Diskussion

Nach meiner Meinung können eine Reihe von Kernfragen der Schizophrenie- und Psychoseforschung nur durch longitudinale Studien beantwortet werden. Ich behandelte die grundlegende Frage, welcher Art die Dynamik psychotischer Verläufe ist: ist die nicht prognostizierbare und oft turbulent anmutende Abfolge von täglichen Symptomausprägungen Ausdruck eines nichtlinearen Systems oder lediglich Widerspiegelung von Umweltfluktuationen? Im ersten Fall könnte man sich der Schizophrenie und ähnlichen Psychosen auf neuer Grundlage annähern, indem man sie als dynamische Krankheiten auffasst. Dies war aus verschiedenen Gründen für die schizophrenen Psychosen (im Gegensatz zur bipolaren Depression) bezweifelt worden (Emrich & Hohenschutz, 1992). Der Psychopathologie würde sich dann eine Palette von Methoden und Phänomenen eröffnen, die im Feld der dynamischen Wissenschaft, der Synergetik und der Chaostheorie entwickelt und diskutiert werden (Tschacher et al., 1992). Einige therapeutische Implikationen sollen in Kapitel 9 behandelt werden.

Die Untersuchung in der Soteria ergibt nun tatsächlich statistisch abgesicherte Befunde dahingehend, dass ein grösserer Teil der untersuchten Psychosen im Verlauf *nichtlineare Dynamik* zeigen. Dies spricht für die Anwendbarkeit des Konzepts der "dynamischen Krankheit" in diesem zentralen Bereich der Psychopathologie.

Als ein Diskussionsbeitrag ist der Befund in dieser Studie (vgl. Tschacher et al., 1997b) zu werten, mit der Schätzung der Lyapunov-Exponenten nahelegen, dass die meisten nichtlinearen psychotischen Verläufe eventuell als Ausdruck niedrigdimensionaler chaotischer Systeme aufgefasst werden könnten. Sechs von acht nichtlinearen Verläufen sind möglicherweise als *deterministisch-chaotisch* charakterisierbar. Umgekehrt würde diese Interpretation dadurch gestützt, dass lineare und stark verrauschte Zeitreihen unserer Population als Gegenprobe keine Exponenten aufweisen, die signifikant von Null abweichen. Es muss aber hierbei betont werden, dass methodische Anforderungen der Bestimmung der Lyapunov-Exponenten nach Wolf et al. (1985) bei den Soteriadata nicht hinreichend erfüllt sind (s. Tab. 3.2). Die Lyapunov-Exponenten sind methodisch von fraglicher Reliabilität, und sollen deshalb hier nur als Anhaltspunkt dienen.

Bei einem vielen Einflüssen ausgesetzten ("hochdimensionalen") Zusammenhang wie dem des im Feld erhobenen Symptomverlaufs gehe ich davon aus, dass die nichtlineare Dynamik Ausdruck der Eigenaktivität des im sozialen Milieu "Soteria" eingebetteten psychobiologischen Systems "Psychose" ist, mithin ein Beispiel für Selbstorganisation, eine *Prozessgestalt*. Anders als mit der emergenten Musterbildung via Selbstorganisation lässt sich m.E. nur schwer verstehen, dass sich nichtlineare (möglicherweise chaotische) Systeme aus dem Rauschen einer komplexen Umwelt herausheben.

Verschiedene dynamische Ansätze zur Erforschung der Schizophrenie wurden in den letzten Jahren vorgebracht. Globus & Arpaia (1994) gehen etwa von einer Aufspaltung im *tuning* des Gehirns aus (d.h. von einer Verschiebung der Kontrollparameter, so dass Phasenübergänge in einem selbstorganisierten System zu psychotischem Funktionieren führen). Das resultierende *malattunement* verzerrt dann sozusagen die

Topologie des kognitiven Systems. Hoffman & McGlashan (1993) nehmen "parasitische Foci" an, die in einem neuronalen Netzwerk entstehen können und dabei die produktiven Schizophreniesymptome verursachen. Andere Befunde stützen sich auf empirische EEG-Untersuchungen (Koukkou et al., 1993): Dabei zeigt sich eine Tendenz der Zunahme von Freiheitsgraden in der EEG-Aktivität von Schizophrenen, die einer im Schub erhöhten Anzahl aktivierter neuronaler cell assemblies entspräche. Letztere Interpretation von EEG-Befunden ist allerdings nicht unproblematisch (Rapp, 1993; Schmid & Koukkou, 1997).

Diese Ansätze zu einem Verständnis der Schizophrenie auf der Basis der TDS sind mit der hier beschriebenen Studie kompatibel, gehen aber einen anderen empirischen und theoretischen Weg. Ich versuchte hier gewissermassen, die Prozessgestalt der Schizophrenie aus phänomenologischen Beobachtungen zu isolieren; es scheint mir naheliegend, dieses Ziel auch mit Mitteln der Psychophysikologie (was zugleich heisst: auf einer völlig anderen Zeitskala) zu verfolgen, um die Ergebnisse verschiedener Systemebenen eines Tages in Bezug setzen zu können. Das psychophysiologische und das phänomenologische klinische Bild sind dann zwei Sichtweisen derselben dynamischen Krankheit.

D) Phänomenologie

Die bisherigen Untersuchungen ergaben keine Übereinstimmung zwischen dynamischen Eingruppierungen und Clustern, die auf klinisch-phänomenologischer Basis gewonnen werden. Die besonders interessierenden nichtlinearen und eventuell chaotischen Verläufe (also die c_1 -Systeme mit positiver λ -Schätzung) sind zwar fast durchwegs schizophrene Psychosen (in einem Grenzfall — Pt. 19 — eine als schizophreniform diagnostizierte Störung). Es kommen aber darunter sowohl als günstig wie auch als ungünstig eingestufte Verläufe vor (Spalte "Rehab" in Tab. 8.2.1); auch bezüglich der sozialen Beziehungen und der Krankheitseinsicht ("Attribution") sind die entsprechenden Patienten heterogen.

Am vorliegenden Material kann eine Hypothese, die mir als apriori plausibel erschien (Steitz et al., 1992), noch nicht bewertet werden: je relativ weniger ausgeprägt die Psychose (etwa borderline-Störungen oder reaktive Psychosen), desto veräuschter sollte der Verlauf sein. Die Frage lautet also in der hier verwendeten Terminologie: ist ein a-System ein Indikator für umweltkontingenteres Verhalten? Es zeigte sich (Tab. 8.2.1), dass eines der aufgefundenen (a)-Systeme von einer Schizophrenie herrührt (Pt. 57), während die (hier einzige) kurze psychotische Reaktion wie vorhergesagt ebenfalls als a-System klassifiziert ist.

Insgesamt scheint es, dass durch ein korrelativ-suchendes Verfahren erst noch Hypothesen zum Zusammenhang der Dynamik mit phänomenologischen Beschreibungen zu generieren wären. Aufgrund der geringen Fallzahl verbieten sich allgemeine Aussagen zum jetzigen Zeitpunkt.

Diagnosen und Untergruppierungen der Schizophrenie (paranoid, desorganisiert, schizoaffektiv) der einzelnen Patienten korrespondieren also nicht in auffallender Weise mit den dynamischen Parametern. Man kann das in verschiedener Hinsicht

interpretieren; es ist sicher wünschenswert, Diagnosen noch mehr als in den gebräuchlichen Taxonomien von der Charakteristik des Verlaufs abhängig zu machen. Ein valideres Diagnosesystem könnte sich auf diese Weise entwickeln. Auf der anderen Seite zeigt sich in unseren Ergebnissen auch eine Ermutigung zur Idiographie, die nicht allein Methode der Hermeneutik ist. Jeder Mensch entwickelt eine eigene Dynamik; auch Psychosen sind private und "kreative" Phänomene, die nie restlos einer generellen Kategorie zugeordnet werden können (Scharfetter, 1995).

E) Ausblick

Wenn — wie man nun begründet vermuten kann — eine beträchtliche Anzahl von Psychosen zu den dynamischen Krankheiten zu rechnen ist, müssen querschnittshafte Forschungsansätze mit noch so grossen Stichproben das Wesen dieser Psychosen prinzipiell im Dunkeln lassen. Ich schliesse mich hier der Auffassung von Strauss et al. (1985, S. 295) an: "...the issues of sequence and patterns cannot be neglected indefinitely: they potentially hold answers for too many crucial questions." Die Ergebnisse der Soteriastudie sprechen dafür, die *Theorie dynamischer Systeme* als Methodologie für die Psychopathologie zu nutzen.

Welche Folgerungen lassen sich dann für die Schizophrenietheorie ziehen? Wenn in vielen Schizophrenien dem Krankheitsverlauf ein finitdimensionales nichtlineares System unterliegt, scheint im Prinzipiellen eine präzises Verständnis der Störung möglich zu sein: wenige nichtlinear gekoppelte Variablen können die zeitliche Entfaltung der psychotischen Symptomatik hinreichend erklären. Die Lösung des "Geheimnisses" der Schizophrenie liegt also wahrscheinlich nicht darin, immer weiter Kausalfaktoren zu einer multikausalen Theorie der Schizophrenie hinzuzuaddieren. Eine adäquate nichtlineare Theorie, für deren Entwicklung ich eine mögliche Basis vorschlage, wäre prägnanter und sparsamer.

Mein Befund enthält aber neben der guten — Schizophrenie ist niedrigdimensional modellierbar — offensichtlich auch eine schlechte Nachricht: der Charakter der vermuteten nichtlinear gekoppelten Variablen ist der hier vorgelegten dynamischen Analyse nicht zu entnehmen. Solche Variablen können dem biologischen, psychischen und sozialen Phänomenbereich entstammen, oder auch eine Melange dieser Bereiche sein. Es ist eine Aufgabe der methodologischen Weiterentwicklung, zur Aufklärung der nichtlinearen Wirkfaktoren beizutragen. Mit den Mitteln der hier vorgestellten Soteriastudie konnte jedenfalls keine klare Verbindung zwischen den dynamischen Modellierungen und phänomenologischen Deskriptoren gefunden werden. Vielleicht existieren keine solche Gesetzmässigkeiten in der Schizophrenie, so dass die dynamische Auffassung sich hier mit einem idiographischen Ansatz zusammenschliessen müsste. Schizophrenie könnte eine weite Klasse von (c)-Systemen mit idiosynkratischen Parametern darstellen.

Die immerhin in Reichweite rückenden Folgerungen aus einer dynamischen Sichtweise der Psychosen erstrecken sich nicht nur auf die Theorie, sondern auch auf die Therapie dieser Störungen: Chaos bedeutet ja nicht prinzipielle Unkontrollierbarkeit, wie durch den Alltagsgebrauch des Wortes nahegelegt, sondern vielmehr

zunehmende Unvorhersagbarkeit bei kurzfristiger Determiniertheit.

Das heisst für therapeutische Interventionen, dass sie ein Moment der "Chaoskontrolle" (Ott et al., 1990, Pyragas, 1992) beinhalten können: die Zeitspanne zwischen Intervention und Evaluation (die dann neue Interventionen steuert) sollte entsprechend angepasst sein (Mayer-Kress, 1992). Die Frage des therapeutischen Umgangs mit komplexen Systemen wird in Abschnitt 9.3.2 allgemein im Rahmen des synergetischen Ansatzes aufgeworfen werden. Um einen Teil der Diskussion hier anzudeuten: Psychose wird als ein dynamisches Muster eines selbstorganisierenden Systems verstanden (ein "Attraktor"), der im normalen Funktionieren als stabiler Fixpunkt vorliegt, welcher jede psychotische Fluktuation (z.B. durch mangelhafte Kalibrierung des Selbst hervorgerufen, vgl. Abschnitt 9.2.2) in kurzer Zeit ausdämpft und das System in die nichtpsychotische Region des Phasenraums zurückfaltet. Um psychotisch zu werden, muss ein Individuum einen oder mehrere kritische Punkte im Parameterraum passieren (vgl. Globus & Arpaia, 1994). An diesen Punkten erhalten vorher stabile Variablen positive Eigenwerte und können zu neuen organisierenden Kräften des Systems werden. Drei oder mehr konkurrierende instabile Moden können dazu führen, dass das System chaotisches Verhalten zeigt (Haken, 1983; s. Abschnitt 3.2.2). Wenn der Weg in die Schizophrenie über solche Bifurkationen erfolgt, wären kritisches Langsamerwerden, oszillierende Stufen der Entwicklung und Periodenverdopplungen als dynamische Prodromi der Schizophrenie vorherzusagen.

Theoretisch bestehen verschiedene Möglichkeiten einer therapeutischen Rückführung in nichtpsychotisches Verhalten. Erstens verändern sich bei gradueller Variation der Umwelt ("Kontrollparameter") die Eigenschaften des Attraktors in oft diskontinuierlicher Weise. Zweitens, wenn parallel andere ("nichtpathologische") Attraktoren weiterbestehen, kann auch ohne Veränderung der Kontrollparameter eine einzelne (starke) Intervention oder "Verstörung" das System in den Einzugsbereich dieser Attraktoren treiben; diese müssen dann im Sinne einer Rückfallvermeidung strukturell stabilisiert werden.

Verlaufsdaten der hier beschriebenen Länge, besonders wenn sie täglich erhoben werden, sind eine Rarität; sie wurden erst durch jahrelange Beobachtungen unter Sonderbedingungen ermöglicht. Dennoch lassen diese Zeitreihen eine Reihe von Wünschen offen: mit multivariaten Skalen lässt sich der Verlauf von Psychosen natürlich weitaus besser aufklären. Zur Frage des Zusammenhangs verschiedener Symptome (Positiv- und Negativsymptome) innerhalb schizophrener Störungen gibt es unterschiedliche und inkompatible Theorien, die sich gleichermassen auf Korrelationsstudien bei Einzeitpunktmessung stützen (Maurer & Häfner, 1991). Es scheint mir deutlich, dass sich diese Theorien nur auf der Ebene einer feineren zeitlichen Auflösung im Sinne der multiplen Zeitreihenanalyse sinnvoll weiterdiskutieren lassen. Daher werde ich im folgenden Abschnitt die auf multiple Zeitreihen erweiterten Datenerhebungen und -analysen besprechen.

8.2.4 Multivariate Soteriastudie

Der vorige Abschnitt ("Soteriastudie") ergab Hinweise dafür, dass Verläufe von

Schizophrenien nichtlinear (möglicherweise chaotisch) sein können. Ich habe die Ergebnisse so zusammengefasst: wir können begründet annehmen, dass Psychose in vielen Fällen als ein niedrigdimensionales System aus nichtlinear gekoppelten Zustandsvariablen modelliert werden sollte, also nicht hinreichend als autoregressiv-stochastisch, als zufällig, oder als "farbiges Rauschen" (ARMA(p,q)-Prozess) verstanden werden kann. Schizophrenie kann als eine Prozessgestalt in Form einer "dynamical disease" bezeichnet werden. Zugleich war aber einzuräumen, dass aus den univariaten Methoden, die in dieser Analyse angewandt wurden, nicht hervorgeht, welcher Art die Zustandsvariablen dieses Systems Psychose seien. Ein weiteres Problem eher messtheoretischer Art deutete in dieselbe Richtung: die in Abschnitt 8.2.3 eingesetzte Einschätzungsskala wies einzelnen Symptomen des Symptomkomplexes Schizophrenie bestimmte Stufen der Skala zu. Was wäre, wenn nun diese Symptome nicht allein einem Faktor (Kontinuum der Psychotizität) zugehören? Konnten die Symptome, die die Skalenpunkte der Psychotizitätsskala markierten, nicht auch unabhängig voneinander variieren?

Im Jahr 1993 begannen wir daher, die Verlaufserhebung in der Soteria auf ein verändertes und vor allem differenzierteres Instrument umzustellen, die Ciompi-Tschacher-Skala (CT-Skala). Das theoretische Modell einer progressiven Derealisation bei der Entwicklung schizophrener Zustände (Ciompi, 1982) wurde beibehalten, die vormaligen Skalenpunkte der Psychotizitätsskala wurden aber zu Subskalen erweitert. Der Erhebungsbogen wurde ausserdem durch die Subskalen "Depressivität" und "Negativsymptome" ergänzt. Neben den Skalen wurden stichwortartige Anleitungen in der Art von Ankerpunkten für den Beurteiler angefügt (Abb. 8.2.10).

Die mit der CT-Skala erhobenen Daten lassen neue Fragestellungen zu: wie hängen die Einzelsymptome der Psychoseverläufe zusammen? Diese Frage ist naturgemäss in der Schizophrenieforschung zentral (Andreasen & Olsen, 1982; Maurer & Häfner, 1991), aber sie wird in der Regel im Querschnitt angegangen. Die Erhebung differenzierter Daten (9 Subskalen) in mehreren Einzelkrankheitsverläufen mit relativ hoher Messfrequenz (täglich) ermöglicht es nun in dieser Studie, die Zusammenhänge zwischen Symptomen im Einzelfall zu modellieren. Für einige der längeren Zeitreihen, also bei Soteriapatienten, die über 100 Tage und länger beobachtet werden konnten, werden damit einfache Kausalaussagen möglich. Solche Aussagen können z.B. lauten: "Eine Erhöhung der Variable Angst zieht bei Patient A signifikant eine Erhöhung der Variable Wahn nach sich, nicht aber umgekehrt."

Die Methodik, mittels derer solche einfachen Kausalmodelle erstellt werden können, ist eine kanonische Korrelationsanalyse von mehreren Zeitreihen mit den um τ Tage verschobenen Zeitreihen, die bereits an anderer Stelle beschriebene Zustandsraummodellierung. Mit anderen Worten: ich verwende ein lineares Mass (die Korrelation), um die nachweislich oft nichtlineare Prozessgestalt psychotischer Dynamik (ein c_1 -System, s.o.) zu beschreiben. Auch eine andere hier verwendete Methode, die Hauptkomponentenanalyse zur Faktorisierung der Psychoseverläufe, impliziert eine Linearisierung eines nichtlinearen Problems. Ich möchte also bereits von vornherein darauf hinweisen, dass das Fehlen von Theorien, die simulationsfähige Aussagen

über die Kausalzusammenhänge in der Schizophrenie machen, gepaart mit dem weitgehenden Fehlen von multivariaten nichtlinearen Methoden der Zeitreihenanalyse

Sozialpsychiatrische Universitätsklinik Bern, Forschung
Ciompi-Tschacher-Skala (Version Juli 95)

Name: Vorname:
Wochentag: Datum: Uhrzeit:h.....min
Beurteiler/in:

Behandlungsphase: 1 2 3 Veränderung der Medikation: ja nein

	Halluzinationen	
Berichtet Pt. von akustischen oder anderen Halluzinationen bzw. verhält sich entsprechend?	gar nicht spurenweise sehr wenig wenig etwas deutlich stark sehr stark äusserst stark	- <input type="checkbox"/> +
Berichtet Pt. wahnhafte Inhalte oder Beziehungsideen, zeigt Pt. wahnhaftes Verhalten?	Wahn	- <input type="checkbox"/> +
Erscheint dem Pt. die eigene Person (Depersonalisation) oder die Umwelt unwirklich entfremdet, verändert? Verkennt Pt. Personen?	Derealisation	- <input type="checkbox"/> +
Ist Pt. in Sprache oder Verhalten labil, konfus, verwirrt?	Verwirrung	- <input type="checkbox"/> +
Wirkt Pt. ängstlich, furchtsam, verängstigt?	Angst	- <input type="checkbox"/> +
Wirkt Pt. unsicher, ratlos, unschlüssig, zwiespältig?	Ambivalenz	- <input type="checkbox"/> +
Ist Pt. erregt, unruhig, nervös, gespannt, reizbar, aggressiv?	Spannung	- <input type="checkbox"/> +
POSITIV-SYMPТОМАТИК ↑		
Wirkt Pt. bedrückt, traurig, niedergeschlagen, zurückgezogen?	Depressivität, Rückzugsverhalten	- <input type="checkbox"/> +
Ist Pt. gleichgültig, passiv, verlangsamt, antriebslos?	"Negativ-symptome"	- <input type="checkbox"/> +
NEGATIV-SYMPТОМАТИК ↓		

Abb. 8.2.10. Die für tägliche Ratings der Psychotizität verwendete CT-Skala. (Tong, 1990) die Forschung einschränkt. Der hier von mir eingeschlagene Weg verläuft daher wieder auf verschiedenen Ebenen: zunächst bedeutet es eine wichtige Etappe, die Existenz des behaupteten Phänomens nachgewiesen zu haben (die nichtlinearen Prozessgestalten, die aus komplexen Systemen emergieren); dann jedoch wird der Aufbau von Modellen der Prozessgestalten oft mit einfachen Mitteln voran-

schreiten müssen, etwa unter Verwendung der linearen Vereinfachung. Das erste Ziel wurde im vorangegangenen Abschnitt 8.2.3 anvisiert; die Fragen zur kausalen Struktur der Schizophrenieverläufe können in der nun folgenden Studie in einem ersten Entwurf behandelt werden.

A) Untersuchungsteilnehmer

Die untersuchte Stichprobe ist eine andere als in der Soteriastudie im vorigen Abschnitt. In den zwischen den beiden Studien verstrichenen Jahren wurde die Behandlung in der Soteria auf eine kürzere Aufenthaltsdauer umgestellt, so dass Verläufe wie in Abschnitt 8.2.3 mit bis zu 770 Tagen stationärer Behandlung nicht mehr beobachtet werden können. Die nun untersuchten Zeitreihen umfassen $57 \leq n \leq 218$ tägliche Erhebungen, was zugleich auch das (rein methodologisch bestimmte) Kriterium für die Aufnahme in diese neue Stichprobe darstellt. Beispiele für solche Verläufe sind in Abb. 8.2.11 dargestellt.

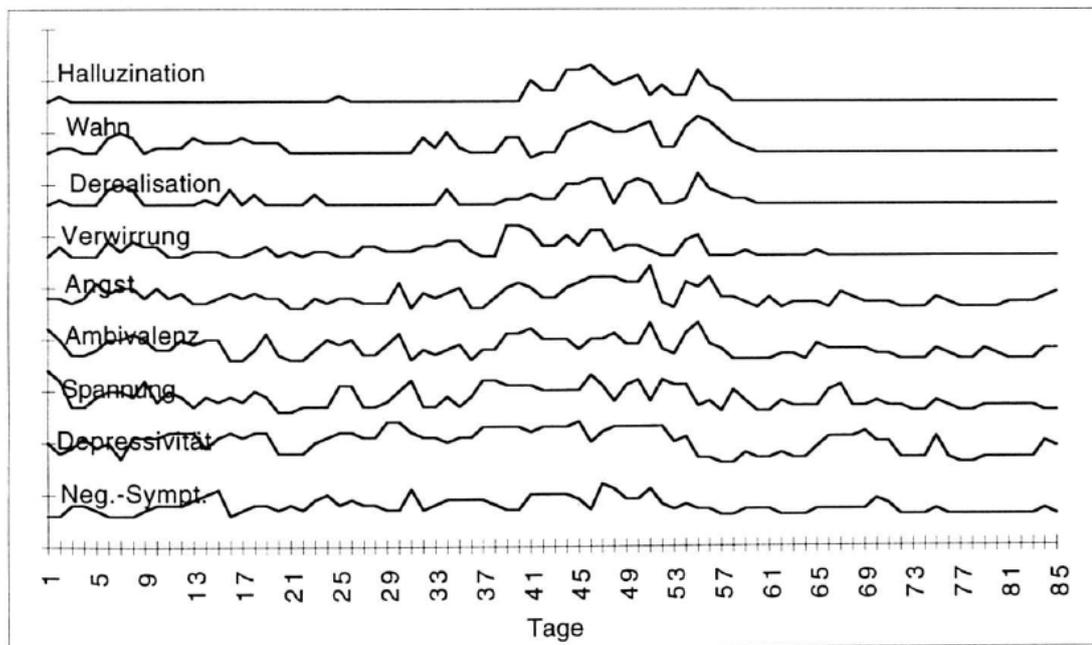


Abb. 8.2.11a Zeitreihendarstellung eines mit der CT-Skala abgebildeten Schizophrenieverlaufs (Pt. 101). Die Variablen sind versetzt dargestellt; die Markierungen der y-Achse bezeichnen jeweils den Skalenwert "5" der jeweiligen Subskala

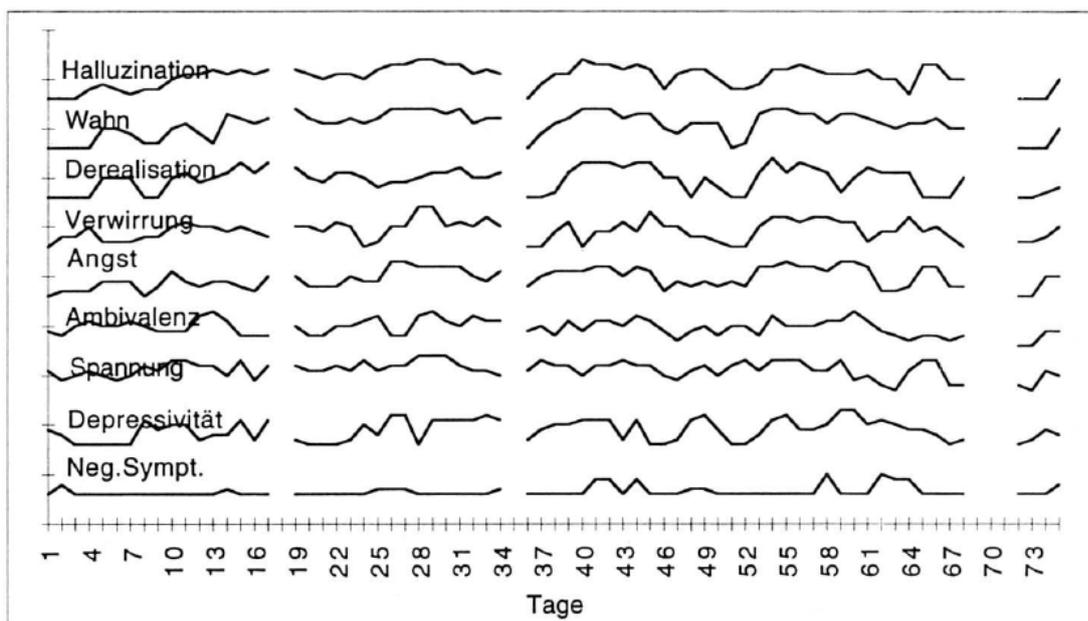


Abb. 8.2.11b Zeitreihendarstellung eines mit der CT-Skala abgebildeten Schizophrenieverlaufs (Pt. 145)

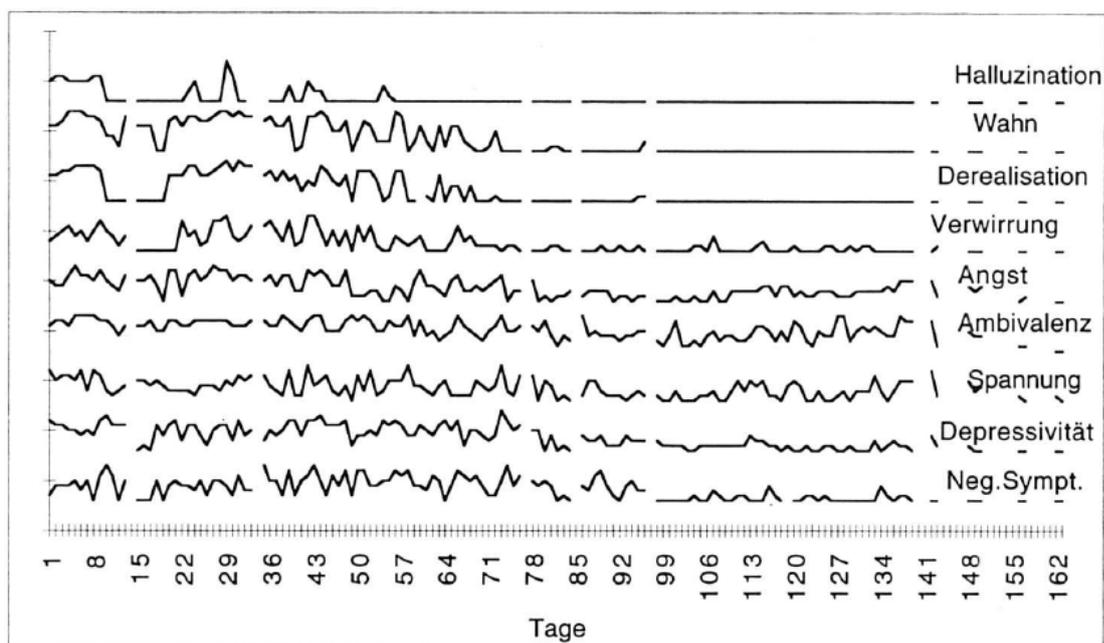


Abb. 8.2.11c Zeitreihendarstellung eines mit der CT-Skala abgebildeten Schizophrenieverlaufs (Pt. 123)

Insgesamt stehen zur Zeit 21 Verläufe von 19 Patienten zur Verfügung. Tab. 8.2.4 beschreibt die untersuchten Patienten.

Pt.-Nr.	Jahrgang	Geschlecht	Daue r	Beruf	Anz.Einweisung	ICD-10/ DSM-Diagnose und Beschreibung	
12	1967	w	62	Studentin	ca. 6	F 25.0	schizoaffektive Störung
12	1967	w	74	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
101	1955	m	85	Dekorateur, Maler	2	295.31	paranoid-halluzinatorische Schizophrenie
113	1966	m	72	Student	1	F 23.0	vorübergehende psychotische Störung
117	1966	w	139	Sekretärin	1	F 60.31	Borderlinestörung
121	1969	m	71	Mechaniker	0	295.21	schizophreniforme psychot. Störung
122	1970	m	107	Sanitärinstallateur	?	F 20.0	paranoide Schizophrenie
123	1974	w	163	KV-Lehrling	0	F 23.21	schizophreniforme psychot. Störung
124	1972	m	180	Student (exmatr.)	2	F 34.1 (+F60.1)	depressive Neurose u. schizoide Persönlichkeitsstörung
127	1966	w	101	Werkstudentin	ca. 5	F 23.0	vorübergehende psychotische Störung
127	1966	w	79	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
132	1976	w	218	Bürolehrling	0	F 43.22 (+F60.6)	schizoide Persönlichkeits u. Anpassungsstörung
136	1972	m	107	Seminarist	0	F 20.6	Schizophrenia simplex
141	1971	w	78	Studentin (exmatr.)	3	F 23.0	vorübergehende psychotische Störung
142	1966	m	155	KV, Elektriker	1	F 20.8	sonstige Schizophrenie
143	1967	w	132	Coiffeuse, Tänzerin	0	F 23.9	vorübergehende psychotische Störung
144	1973	w	113	Handelsdiplom	0	F 23.0	vorübergehende psychotische Störung
145	1965	m	74	Maler-Lehrling	0	F 23.2	schizophreniforme psychot. Störung
146	1975	m	100	Student	3	F 20.02	Schizophrenie
149	1967	w	57	Verkäuferin	ca. 5	F 31.30	bipolare affektive Störung
151	1978	m	62	Schüler	0	F 23.2	schizophreniforme psychot. Störung

Tab. 8.2.4. Versuchsteilnehmer der multivariaten Soteriastudie

B) Methoden

1) Die empirischen Zeitreihen wurden einer multiplen Zeitreihenanalyse ("State-space" im Statistikpaket SAS) unterworfen, um ein Zustandsraummodell für jeden Datensatz zu errechnen. Diese Methode wurde bereits bei der Modellierung von Krisen in Abschnitt 8.1 eingesetzt. Ergebnis der Analyse sind die Regressionen zwi-

schen den um lag 1 verschobenen Subskalendaten, also etwa zwischen "Angst" und "Wahn". Die Regressionskoeffizienten werden auf Einzelsystemebene erstellt; sie beantworten also gewissermassen die Frage, welche Variablen an einem Tag $t-1$ welche anderen Variablen am folgenden Tag t wie beeinflussen. Dieses Ergebnis kann am übersichtlichsten grafisch dargestellt werden (s.u.).

2) Die Koeffizienten aller Einzelmodelle wurden dann im Querschnitt daraufhin getestet, ob sie über die Gesamtstichprobe von $N = 21$ hinweg signifikant von Null abweichen. Dazu wurden t -Tests eingesetzt.

3) Die Daten aller 21 Verläufe sowie die 10 kürzerer ($n > 20$), in den sonstigen Analysen nicht berücksichtigter Verläufe wurden mittels einer Hauptkomponentenanalyse faktorisiert. Im Hintergrund dieses Verfahrens stand die Frage, welche Variablen so miteinander kovariieren, dass sie als Bestandteil eines evtl. gemeinsamen Merkmalsfaktors angesehen können. Die am Ende des letzten Abschnitts genannte "schlechte Nachricht", es könne nicht geklärt werden, welcher Art die interagierenden Freiheitsgrade der nichtlinearen Schizophrenieverläufe denn nun seien, kann also damit ein wenig relativiert werden.

4) Abschliessend wurden die sich in der Hauptkomponentenanalyse ergebenden Faktoren als neue Zeitreihenvariablen definiert. Sie erlauben es, die Daten prägnant zusammenzufassen und so Zeitreihen der Merkmalsfaktoren zu erstellen. Nach dem Sprachgebrauch der Synergetik handelt es sich dabei um eine (lineare) Methode, die Dynamik der Ordnungsparameter zu untersuchen. Diese Zeitreihen der vermuteten Ordnungsparameter wurden nun erneut den obigen Methodenschritten 1) und 2) unterworfen, um ein globales Bild der Zusammenhänge zwischen Faktoren zu erhalten. Es werden also Zustandsraummodelle für Faktoren für den lag "1 Tag" in allen 21 vorliegenden Verläufen berechnet.

C) Ergebnisse

1) Abb. 8.2.12 zeigt die Zustandsraummodelle der drei Verläufe, deren Rohdaten in Abb. 8.2.11 dargestellt sind. Die Modellierung wurde jeweils auf ein lag1-Modell beschränkt (Zustandsraummodell 1. Ordnung).

2) Abb. 8.2.13 gibt einen Überblick zu Auffälligkeiten der Koeffizienten aller Zustandsraummodelle der Stichprobe. Dargestellt sind alle signifikant (auf dem 5%-Niveau) von Null abweichenden Koeffizientenmittelwerte. Dies ist in 28 von 81 möglichen Interaktionen von Variablen der Fall, d.h. es sind etwa 35% der Modellparameter, die konsistent in einer Richtung von Null abweichen. Mit anderen Worten, die kausale Konstellation, die den Stichprobenmittelwerten zugrundeliegt, kann nicht mit dem Zufall erklärt werden (wonach nur 5% der Interaktionen zufallsbedingt "signifikant" sein sollten).

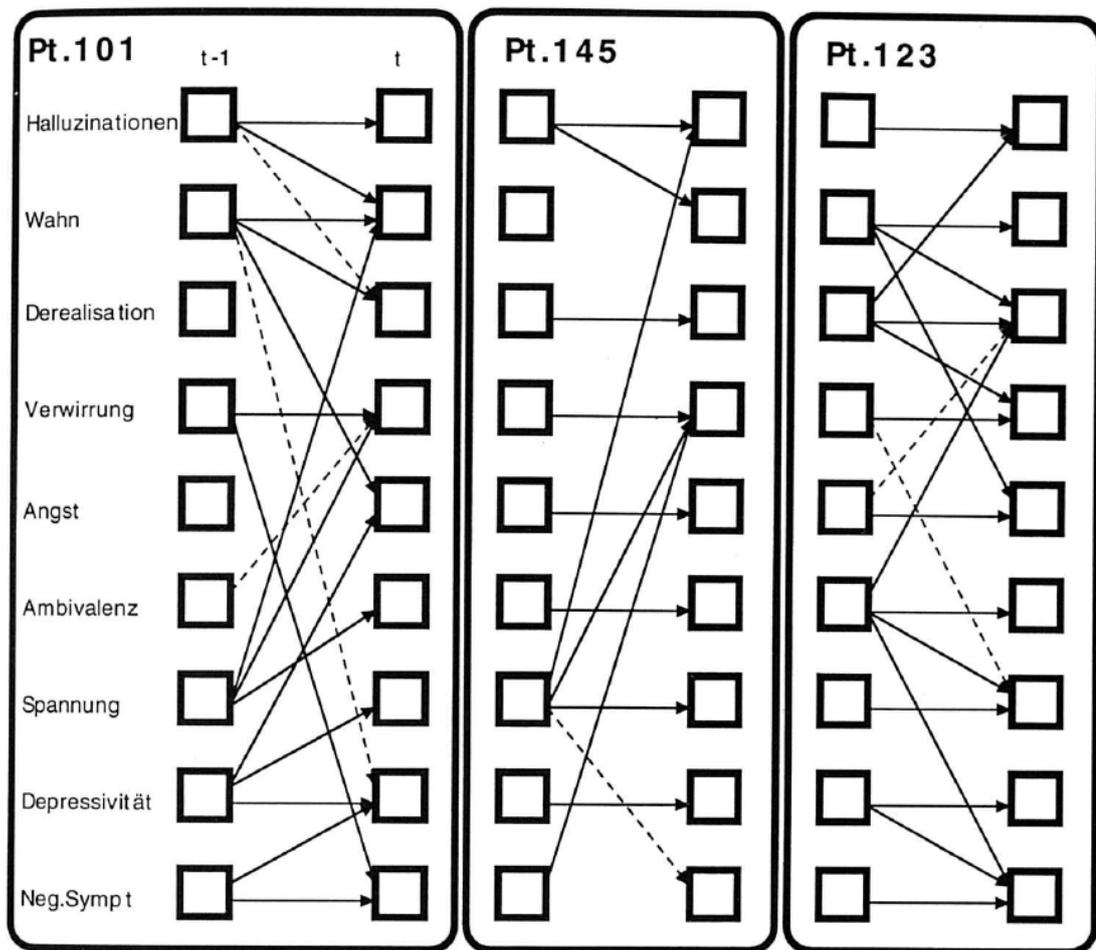


Abb. 8.2.12. Zustandsraummodelle der drei in Abb. 8.2.11 dargestellten Systeme. Die signifikanten Regressionen sind als Pfeile gezeigt (durchbrochene Pfeile: negative Regressionen)

3) Die Ergebnisse der Faktorisierung der 9 Merkmalsvariablen sprechen für eine **dreifaktorielle Beschreibung der Psychoseverläufe**. Die Faktorisierung basiert auf über 3000 Einzelerhebungen an 31 Versuchspersonen. Diese drei Faktoren erklären etwa 70% der Gesamtvarianz. Eine orthogonale Rotation nach dem Varimax-Prinzip ergibt Faktoren, die sich gut in die Befundlage der psychiatrischen Schizophrenieforschung einpassen lassen: einen Faktor der Psychotizität (Halluzinationen, Wahn, Derealisation, Verwirrung), einen Faktor Erregung/Unbehagen (Angst, Ambivalenz, Spannung) und einen Faktor der Negativsymptomatik und des Rückzugs (Depressivität und Negativsymptome). Eine Darstellung der Faktorenladungen (Abb. 8.2.14) zeigt die Eindeutigkeit dieser Zuordnung. Die Faktorenladungen ergeben sich fast identisch auch dann, wenn lediglich die Werte der in die Stichprobe aufgenommen

menen 21 Patienten faktorisiert werden (die Faktorenladungen beider Analysen korrelieren mit $r > .99$).

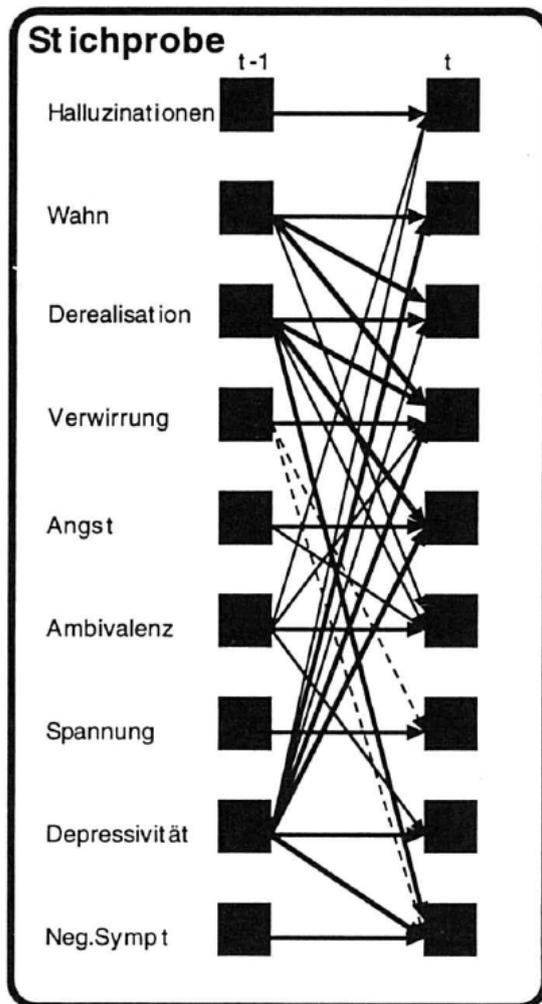


Abb 8.2.13. Graphische Darstellung der im Mittel signifikant von Null unterschiedlichen Koeffizienten in der Stichprobe. Negative Abweichung: strichliert; fette Pfeile: signifikant auf den 1%-Niveau (zweiseitige Fragestellung)

4) Abb. 8.2.15 zeigt diejenigen Statespace-Interaktionen zwischen den Merkmalsfaktoren Psychotizität, Erregung und Rückzug, welche sich signifikant von Null unterscheiden. Das hier aufgezeigte Wirkungsgefüge ist der Versuch einer direkten Antwort auf eine Kernfrage der Schizophrenieforschung, wie die Beziehung zwischen den Symptomkomplexen dieser Erkrankung ist. Für die hier betrachtete limitierte Stichprobe zumindest lautet die Antwort: Erregung und Rückzug gehen den produktiven Symptomen ("Psychotizität") voraus; Psychotizität ist eine Folge aus beiden, nicht aber umgekehrt.

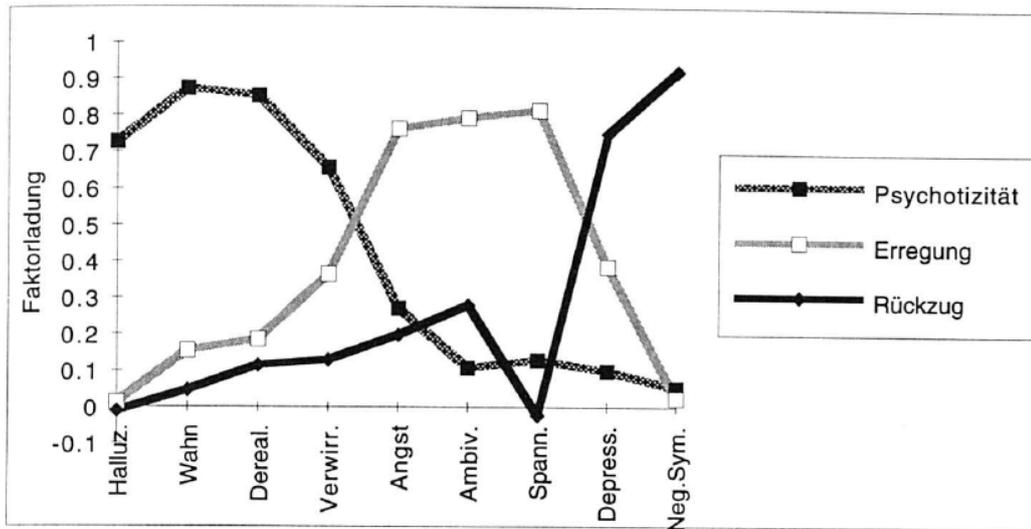


Abb. 8.2.14. Verteilung der Faktorenloadungen der drei Merkmalsfaktoren auf die Variablen der CT-Skala.

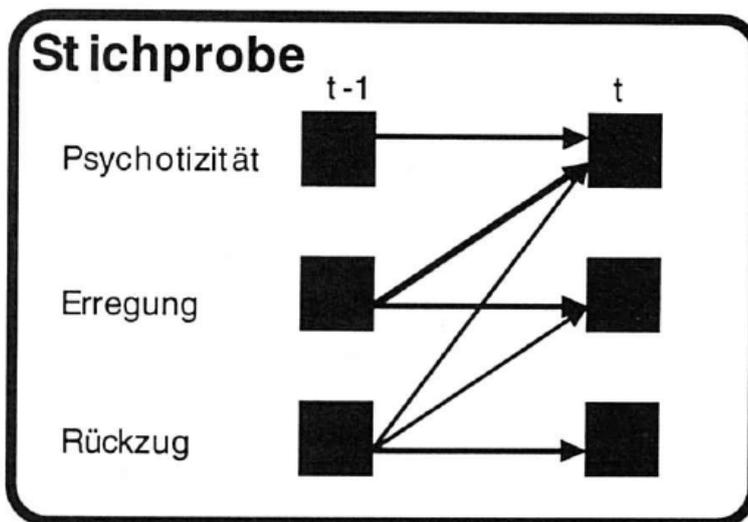


Abb. 8.2.15. Darstellung der Zusammenhänge zwischen den Merkmalsfaktoren in einem Zustandsraum-Modell

Diese gerichtete Wirkung kann durch paarweise Vergleiche noch pointierter untersucht werden: ich verglich zusätzlich in *t*-Tests für abhängige Daten die Aussage (a): "Rückzug erhöht die Wahrscheinlichkeit von Psychotizität" mit der umgekehrten Aussage (b): "Psychotizität erhöht die Wahrscheinlichkeit von Rückzug". Die Differenz der entsprechenden Zustandsraumkoeffizienten ist signifikant ($p = 0.04$, zweiseitig) zugunsten von (a). Betrachtet man die Mittelwerte beider Koeffizienten für sich, findet sich sogar eine Dämpfung von Rückzug durch Psychotizität im Gruppenniveau. Man kann also neben (a) auch zeigen (c): "Psychotizität vermindert die

Wahrscheinlichkeit von Rückzug".

8.2.5 Diskussion der Zeitreihen zur Psychopathologie

Man sollte die Diskussion zunächst vielleicht methodenkritisch angehen. Die CT-Skala ist bislang nicht hinsichtlich Reliabilität geprüft und standardisiert. Dieses Instrument wurde zudem unter Feldbedingungen eingesetzt, so dass Umwelteinflüsse nicht kontrolliert werden konnten. Die Rater (d.h. die Betreuer) wechseln in der Regel alle zwei Tage. Aus allen diesen Gründen sind die Schätzwerte, die meinen Berechnungen zugrundeliegen, mehreren potentiellen "Fehler"quellen ausgesetzt, die bei der Interpretation zu beachten sind. Immerhin hat die Soteriastudie 8.2.3 gezeigt, dass bei täglichen Psychotizitätsratings z.T. hohe Vorhersagegüten erreicht werden, die Reliabilität der Messungen also gut zu sein scheint.

Ich habe versucht, die möglichen biases bei der statistischen Auswertung zu beachten. So scheint es mir beispielsweise nicht sinnvoll, die Einzelmodelle (Abb. 8.2.12) je für sich zu interpretieren. Ich habe deshalb — ähnlich wie in der Krisenstudie in Abschnitt 8.1 — Rückgriff auf ein gruppenstatistisches Vorgehen genommen, das auf den Zeitreihendaten aufbaut. Die sich so ergebenden Resultate sind m.E. hinreichend verlässlich, da sie nicht von einer Ratingstereotypie gesteuert sein können: es handelt sich um zeitverschobene Zusammenhänge, d.h. konkret, oft auch um Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Ratern, deren Dienst aneinander angeschlossen.

Fasst man die wesentlichen Ergebnisse der multivariaten Soteriastudie zusammen, so ergibt die Analyse der Rohdaten ein differenziertes Wechselwirkungsmodell für die Verläufe der Einzelpatienten und der Stichprobenmittelwerte. Die Faktorisierung aller Zeitreihenmessungen resultiert in drei Merkmalsfaktoren Psychotizität, Erregung und Rückzug, die als Ordnungsparameter der Psychosen angesehen werden können. Der zeitverschobene Zusammenhang zwischen den Ordnungsparametern weist auf, dass Rückzug Psychotizität nach sich zieht.

Man kann diese Zusammenhänge als eine hypothesenhafte inhaltliche Formulierung für die Prozessgestalten (c_1 -Systeme) ansehen, die die Untersuchung in Abschnitt 8.2.3 (Soteriastudie) erbrachte. Die in der multivariaten Soteriastudie aufgestellten Modelle sind dreidimensional, wie durch die Hauptkomponentenanalyse nahegelegt wird. In Kapitel 3 wurde bereits darauf hingewiesen, dass in Prozessgestalten mit drei oder mehr zugleich aktivierten Ordnungsparametern chaotische makroskopische Verläufe möglich sind: kontinuierliche Systeme müssen drei- oder höherdimensional sein, um chaotische Attraktoren zu erzeugen. Die Ergebnisse der beiden Soteriastudien sind also zueinander kompatibel, indem sie die Modellierung von Schizophrenie mit niedrigdimensionalen stochastischen Modellen fordern, die nichtlineare Verläufe generieren können.

Die Ergebnisse der multivariaten Studie, die auch inhaltliche Aussagen macht (Studie 8.2.3 erbrachte im wesentlichen Aussagen über den Verlaufstypus, über die

Klassifizierung der Prozessgestalten), stehen ausserdem in Übereinstimmung mit Befunden der empirischen Schizophrenieforschung. Dies trifft in zweierlei Hinsicht zu: erstens sind faktorielle Modelle der Schizophrenie beschrieben worden, die im wesentlichen konsistent mit dem Ergebnis der hier vorgenommenen Faktorisierung sind (Kay et al., 1986; Kay & Sevy, 1990). Zweitens ist es ein oft gefundenes Ergebnis, dass Negativsymptome den Positivsymptomen vorausgehen, dass sie gewissermassen eine Basisstörung für die Schizophrenie darstellen (Crow, 1985; Maurer & Häfner, 1991). Diese Annahme konnte nun von uns auf der Basis von 21 miteinander verknüpften Zeitreihenanalysen bestätigt bzw. erweitert werden.

Dazu ist allerdings zu sagen, dass die Variablendefinitionen nicht wirklich identisch sind. Die hier analysierten Daten unterscheiden sich von den in der Literatur diskutierten vor allem durch ihre Temporalität: bei den herkömmlichen Studien werden eher trait-Merkmale der Psychopathologie verwendet (PANSS und BPRS (Lukoff et al., 1986) als die eingeführten Instrumente beziehen sich auf Zeiträume zwischen einer und vier Wochen); meine Rohdaten sind dagegen tägliche Einschätzungen "derselben" psychopathologischen Phänomene.

Im Zusammenhang der Fachdiskussion zur Schizophrenieforschung wird insbesondere die Negativsymptomatik als tonische Variable betrachtet. Es gibt jedoch neben den hier aufgeführten noch andere Beobachtungen, die dafür sprechen, dass eine als Rückzug/Negativsymptomatik definierte Beobachtungskategorie durchaus erheblichen wöchentlichen Schwankungen unterworfen ist; hierauf deuten auch die Verläufe, die sich aus wiederholten BPRS und SANS-Interviews ergeben (Ventura, pers. Mitteilung).

Es handelt sich bei den Ergebnissen und Modellen der hier beschriebenen Studie daher nicht schlicht um eine Replikation von Befunden aus den Querschnittsuntersuchungen; da in meiner Studie ein zeitreihenanalytisches Verfahren eingesetzt wurde, können die zeitlichen Abfolgen problemloser als kausale Wirkungen interpretiert werden als die Niveaus, die sich in Querschnittsuntersuchungen zu verschiedenen "Zeitpunkten" des Schizophrenieverlaufs ergeben. Weiterhin bietet das Ergebnis, dass binnen Tagesfrist ähnliche Zusammenhänge vorhanden sind wie sie auch im Langzeitverlauf gefunden werden, Handhabe zu einer *Umsetzung in therapeutische Praxis* (Brenner et al., 1994). Ich halte dies für einen Fortschritt, der durch den hier vertretenen alternativen methodischen Zugang ermöglicht wird. Wenn schizophraniebezogene Variablen hochfrequent erhoben werden, zeigt sich nämlich, dass sich eine vermutlich ähnliche Dynamik sowohl im Rahmen langfristiger Verläufe (im Verlauf von Jahren) als auch im Zeitrahmen von Tagen, Wochen und Monaten ergibt. Ein Zeitrahmen von Wochen kommt offensichtlich dem Zeithorizont eines Angehörigen, Pflegers oder Therapeuten schizophrener Menschen entgegen; hier können Interventionen geplant und die Kontingenz der Reaktionen darauf beachtet und eingeschätzt werden.

8.3 Prozesstudien zur Psychotherapie

Die Psychotherapieforschung hat im halben Jahrhundert ihres Bestehens einige charakteristische Wandlungen vollzogen. Im Versuch, das Schulendenken zu überwinden, wird heute eine Allgemeine Theorie der Psychotherapie diskutiert ("generic model of psychotherapy": Orlinsky & Howard, 1986; Grawe et al., 1994). Es ist gleichfalls zu beobachten, dass sich ein Forschungsschwerpunkt im Bereich der Erforschung des Therapieprozesses bildet (Hersen & Barlow, 1976; Horowitz, 1979; Orlinsky et al., 1994). Diese Akzentsetzungen kommen meinem hier vertretenen theoretischen Ansatz entgegen: Eine Theorie von komplexen dynamischen Systemen KPS wird im Bereich der Psychotherapieforschung dazu beitragen, eine adäquate Modellierung von Psychotherapieprozessen auf empirischer Basis zu ermöglichen. Methodisch beziehe ich mich in der folgenden ersten Studie (s. Tschacher & Scheier, 1995) insbesondere auf Methoden zur nichtlinearen Modellierung von psychologischen Zeitreihen durch einen Bootstrap-Ansatz (s. Abschnitt 8.2.1; Scheier & Tschacher, 1994a,b).

8.3.1 Weinheimstudie

Gegenstand der folgenden Analysen ist eine Paartherapie, die auf der Grundlage einer systemischen Therapieauffassung (Lenz et al., 1992; Ludewig, 1992) durchgeführt wurde. Eine kasuistische Studie dieser siebenstündigen Behandlung auf dem Hintergrund der Selbstorganisationstheorie wurde in die Arbeit von Brunner & Lenz (1993) aufgenommen. Quast & Ruff (1994) analysierten den Therapieverlauf im Detail nach einer Videoaufzeichnung. Die hier dargestellten Zeitreihenanalysen stützen sich auf diese Vorarbeiten, insbesondere auf die Ratings der letztgenannten Autorinnen.

Die Therapie dreht sich um ein junges Ehepaar S., das mit einer Alkohol- und Beziehungsproblematik in Behandlung kommt. Der Mann ist nach Ansicht seiner Frau Alkoholiker; nach Ansicht des Mannes hat die Frau, die seit einigen Jahren abstinent ist, ein gestörtes Verhältnis zum Alkohol. Sie versuche, das Familienleben zu dominieren und benutze sein an sich unproblematisches Trinkverhalten zur Kontrolle und Schuldzuweisung. Die Paarproblematik folgt dem Muster: verbal attackierende, eigentlich depressive Frau versus sich zurückziehender, trinkender Mann. Die Frau ist weit mehr mit Familienarbeiten befasst, sie kümmert sich um die Kinder, trägt die Hauptlast bei einem Umzug etc. — Die Sitzungen dauern ein bis zwei Stunden. Zwischen Sitzungen liegt ein Abstand von vier bis acht Wochen. Es nehmen in den ersten beiden Sitzungen auch die zwei Kinder teil, später nur das Paar. Auch die Therapeuten sind ein (kollegiales) Paar, wobei jeweils nur ein Therapeut zusammen mit dem Paar arbeitet, der andere hinter der Einwegscheibe beobachtet. Der Therapeuten-

wechsel erfolgt zufällig. Verschiedene Interventionen werden im Laufe der Therapie eingesetzt; eine Hausaufgabe am Ende der dritten Sitzung besteht darin, dass jeder an geraden Tagen nach dem Motto handeln solle "ich bin auf der Welt, um Dich glücklich zu machen", an ungeraden Tagen nur auf die eigenen Bedürfnisse achten soll. Die "Unterlassens-Nischen-Intervention" am Ende der vierten Sitzung ist schliesslich therapeutisch wirksam. Diese Intervention wird ebenfalls in Form einer Hausaufgabe eingesetzt und besteht darin, den Paarkonflikt durch Abgrenzung zu entschärfen: die Frau soll das Thema Alkohol ignorieren, der Mann soll für seinen Konsum eine "Nische" aufsuchen. Zunächst eskaliert der Konflikt, der Mann hat einen "Absturz", die Frau beauftragt eine Anwältin, den Mann zum Auszug aus der Familienwohnung zu bringen. In dieser Krise findet die fünfte Sitzung statt, in der begonnen wird, Themen des Paares anzugehen. Der Mann hat vor, auf Alkohol zu verzichten. Eine Skulpturarbeit handelt von Nähe und Distanz zwischen Mann und Frau. In der sechsten Sitzung ist die Atmosphäre wesentlich entspannter. Es geht um die Sexualität des Paares. Der Mann wird in Sitzungen aktiver, spricht mit den Therapeuten eigene Probleme an.

Ich werde auf inhaltliche Fragen und Probleme dieser Therapie nicht weiter eingehen, und verweise hierzu auf die genannten Arbeiten. Ich konzentriere mich stattdessen darauf, Möglichkeiten der Modellierung der Therapiedynamik an den Daten aufzuzeigen. Die resultierenden Modelle werden dann einerseits fallbezogen diskutiert sowie andererseits auf Hinweise ihrer Generalisierbarkeit überprüft.

A) Datenerhebungsmethode

Die folgenden Variablen wurden von zwei Raterinnen anhand der Videoaufzeichnung des Therapieverlaufs auf siebenstufigen Likert-Skalen eingeschätzt:

- Spannung, Aktivität, Stimmung jedes Partners;
- Direktivität und Empathie des Therapeuten bzw. der Therapeutin.
- Sprechhäufigkeiten (wer spricht zu wem wie häufig?)

Die Samplingfrequenz wurde nach Probeläufen auf 20 pro Stunde festgelegt; es hatte sich erwiesen, dass drei-Minuten-Epochen der Variabilität des Therapiesystems angemessene Zeiträume waren. Die Ratingvariablen konnten 204 mal während des gesamten Therapieverlaufs erhoben werden. Die Sprechhäufigkeiten konnten während 176 Epochen ausgezählt werden (nicht während mancher nonverbaler Interventionen, wie beim Stellen einer Skulptur etc).

Um die Reliabilität der Beurteilungen zu sichern, wurde eine Beurteilungsanleitung entwickelt, die verbale und nichtverbale Indikatoren der Variablen aufführt. Ein Raterinnentraining wurde durchgeführt, in dem Beispiele aus dem Material diskutiert wurden; das Training wurde bei Erreichen einer Übereinstimmung von .90 abgeschlossen. Das anschliessende Rating erreichte eine hohe durchschnittliche Interraterreliabilität ($r = .91$). Die Zeitreihen (es wurden die Mittelwerte aus den beiden Ratings verwendet) sind in Abb. 8.3.1 dargestellt.

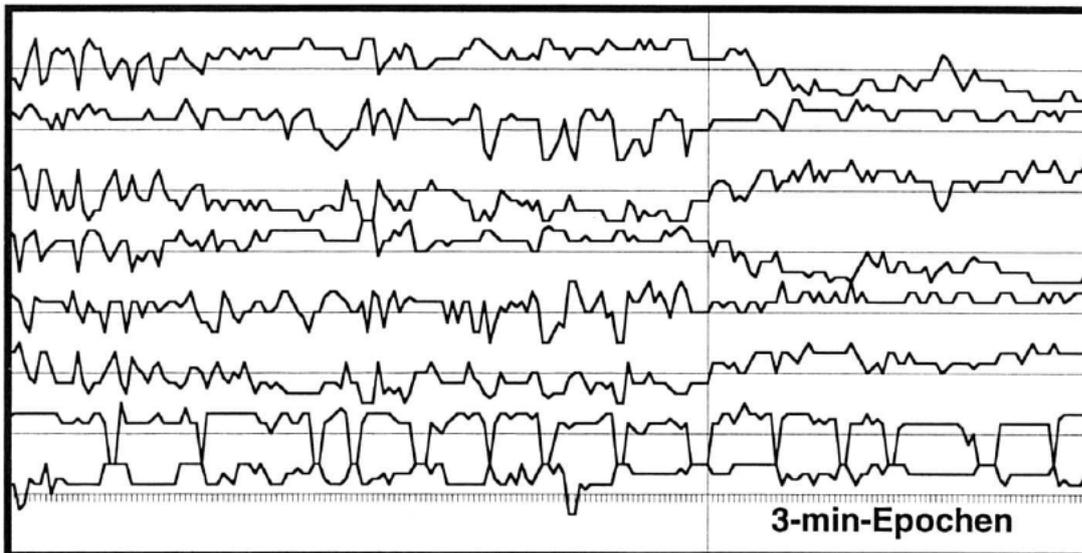


Abb. 8.3.1. Zeitreihen der Variablen des Therapiesystems (ohne Sprechhäufigkeiten). Der Beginn der Postphase ist durch einen senkrechten Strich markiert. Zeitreihen von oben nach unten: Spannung, Aktivität, Stimmung der Frau; Spannung, Aktivität, Stimmung des Mannes; Direktivität und Empathie des Therapeuten. Die waagrecchten Hilfslinien markieren jeweils die Skalenmitte

B) Methoden der Zeitreihenanalyse

Die Datenanalyse soll unter zwei Gesichtspunkten erfolgen: einerseits soll untersucht werden, wie die Dynamik des gesamten Therapieverlaufs modelliert werden kann. Andererseits sind die nach der phänomenologischen Studie von Brunner & Lenz (1993) naheliegenden zwei Therapieabschnitte (vor und nach dem Phasenübergang, den die Unterlassens-Nischen-Intervention bewirkte) je für sich zu evaluieren und zu vergleichen.

Die vergleichenden Analysen beziehen sich auf eine Präphase (Sitzungen 1 bis 5, $N = 132$) und eine Postphase ($N = 72$). Die beiden Phasen legte ich anhand der Zeitreihenplots fest. Die Zeitreihen zeigen nämlich, dass die als wirksam angenommene Intervention, die am Ende der 4. Sitzung stattfand, erst mit einer deutlichen Latenz zu wirken begann (am Ende der 5. Sitzung). Diese beiden Phasen werden hinsichtlich ihrer (a) **Komplexität** und (b) **Vorhersagbarkeit** verglichen; weiterhin visualisiere ich das Wirkungsgefüge beider Phasen durch (c) **Zustandsraummodelle**.

- (a) **Messung der Komplexität:** Informationsmasse wie die Komplexität von Datensequenzen sind bereits für Zeitreihen aus Nominaldaten definiert. Hierdurch können viele Probleme, die durch geringe Datengüte zustandekommen, vermieden werden (Revenstorf & Vogel, 1989; Brunner & Tschacher, 1995). Ich verwende im folgenden die algorithmische Komplexität (Rapp et al., 1991; Abschnitt 6.2.1) zur Abschätzung der sequenziellen Komplexität einer einzelnen Zeitreihe.

In einem zweiten Schritt wendete ich auf die Komplexitätsschätzungen ein Bootstrapverfahren an, das in Kapitel 8.2 eingeführt wurde. Ich verglich den Komplexitätswert der beobachteten Indexzeitreihe (empirische Beobachtungen) mit den Komplexitätswerten von jeweils 50 Surrogatzeitreihen, die aus den zufällig durcheinandergemischten Werten der Indexzeitreihe bestanden. Ein Wert $z > 1.96$ entspricht dann z.B. einer Wahrscheinlichkeit, die kleiner als 2.5% ist (einseitige Fragestellung). Die Nullhypothese lautet: "Die Zeitreihe hat die Komplexität einer Zufallszeitreihe gleicher Länge, Varianz und Verteilungsform."

- **(b) Nichtlinearer Vorhersagealgorithmus:** Dieses Mass nach Sugihara & May (1990) erbringt einen weiteren Kennwert für die Sequentialität von Zeitreihen; es erfasst Vorhersagbarkeit und Determiniertheit einer einzelnen Zeitreihe. Die Vorhersage der Zukunft eines Zustandes A erfolgt wie beschrieben (Abschnitt 3.1.2.2) aus der Extrapolation von Trajektorien des Systems, die A im Phasenraum benachbart sind.

Zur Bestimmung der Bedeutsamkeit der Kennwerte wurden zwei weitere Bootstraptests durchgeführt:

Nullhypothese (1): besteht ein Unterschied zur Vorhersagbarkeit von zufällig durcheinandergemischten Surrogatzeitreihen;

Nullhypothese (2): besteht ein Unterschied zur Vorhersagbarkeit von linearisierten Versionen der Indexzeitreihen (fit durch einen Ornstein-Uhlenbeck-Prozess, s. Abschnitt 8.2.1.2).

- **(c) Zustandsraummodelle:** Ich gebe die Zustandsraummodelle als graphische Darstellungen aller signifikanten zeitverschobenen Zusammenhänge zwischen den acht gerateten Variablen des Therapiesystems an (Spannung, Aktivität, Stimmung der Klientin und des Klienten sowie therapeutische Direktivität und Empathie).

C) Ergebnisse

Modelle des gesamten Therapieverlaufs

Die Stationarität der Einzelzeitreihen ist nach Dickey et al. (1986) gewährleistet, obwohl die Zeitreihen bei visueller Inspektion nicht stationär erscheinen. Herkömmliche Massnahmen zur Sicherung der Stationarität, wie das Differenzieren der Daten, haben deutliche Nachteile bei Anwendung der state space-Methode: die Zustandsraummodelle werden dann komplizierter und enthalten MA-Komponenten, die schwer interpretierbar und vergleichbar sind. Ich entschied mich deshalb unter Abwägung des Für und Wider dafür, mit nichtdifferenzierten Zeitreihen zu arbeiten. Tab. 8.3.1 gibt eine Zusammenstellung der Bootstrap-Effektmasse, die die Vorhersagbarkeit und die Komplexität der Einzelzeitreihen evaluieren.

Die Analysen zeigen unterschiedliche Ergebnisse für die beiden erhobenen Variablenengruppen (geratete "psychologische" Variablen und Sprechhäufigkeiten). Die Abfolgen der Sprechhäufigkeiten über die gesamte Therapiedauer hinweg scheinen im wesentlichen zufällig zu sein: ihre Komplexität ist ebensohoch wie die der Surro-

gate. Lediglich die Interaktion zwischen Klientin und Therapeut zeigt eine gegen das Rauschen abhebbare Vorhersagbarkeit. Anders bei den psychologischen Variablen: Stimmung und Spannung (jeweils von Mann und Frau) sowie therapeutische Direktivität und Empathie sind hinsichtlich Vorhersagbarkeit und Komplexität signifikant gegen die Zufallsannahme gesichert. Hier sind also die zeitlichen Abfolgen einerseits weniger komplex (d.h. geordneter und redundanter) sowie andererseits besser vorher-sagbar als die zufällig gemischten Surrogat"zeitreihen". Zu nennen sind hier wieder die Ausnahmen: die Dynamik der Aktivitätsvariablen (die naheliegenderweise mit den Sprechhäufigkeiten korrelieren) scheint weitgehend zufällig zu sein. Insgesamt gilt weiterhin, dass alle Variablen des Therapiesystems durch lineare Modellierung hinreichend beschrieben werden können, weil die Tests gegen die Nullhypothese der Linearität in keinem Fall eindeutig signifikant sind. Diese Analyse besagt damit also, dass Nichtlinearitäten im so dokumentierten Therapieverlauf nicht nachgewiesen werden können.

		Bootstraptests		
		Komplexität	NVA	
		Zufall	Zufall	Linearität
psychologische Variablen (N=204)	Mann Spannung	2.9**	9.1**	1.3
	Mann Aktivität	0.8	0.9	1.1
	Mann Stimmung	2.2*	8.4**	1
	Frau Spannung	2.8**	11.6**	1.5
	Frau Aktivität	1.2	3.8**	0.6
	Frau Stimmung	2.4*	9**	1.9
	Therapeut Empathie	2.6**	4.3**	1.2
	Therapeut Direktivität	2.1*	3.9**	0.7
Sprech- häufigkeiten (N=176)	Mann-Frau	0.4	0.6	0.6
	Frau-Mann	0.6	1.2	1.1
	Mann-Therapeut	0.4	0.6	0.6
	Therapeut-Mann	0.2	1.2	1
	Frau-Therapeut	0.2	2*	0.9
	Therapeut-Frau	0.5	2.9**	0.5

Tab. 8.3.1: Effektmasse der Bootstraptests für die Zeitreihen über den gesamten Therapieverlauf hinweg. Effektmasse, die grösser als 1.96 sind, sind signifikant auf dem 2.5%-Niveau (*). 1%-Niveau: **; "NVA": nichtlinearer Vorhersagealgorithmus

Daher ist es naheliegend, zu einer linearen Modellbildung durch Zustandsraummodelle überzugehen. Die multivariate Zeitreihenanalyse wurde mit den Rohdaten durchgeführt. Das resultierende lineare Kausalmodell ist in Abb. 8.3.2 dargestellt.

Die graphische Darstellung in Abb. 8.3.2 kann folgendermassen kommentiert werden: alle Variablen haben eine positive autoregressive AR(1)-Komponente (waagrechte Pfeile), die auf Stabilität in der Zeit hinweisen. Darüber hinaus fällt die Wechselwirkung zwischen der Spannung der Klientin und der des Klienten auf; die sich überkreuzenden Pfeile stehen für ein wechselseitiges Feedbacksystem, in dem die Spannung des einen Partners die des andern erhöht. Zudem dämpft die Spannung der Frau die Stimmung des Mannes, aber auch die Stimmung der Frau selbst. An thera-

peutischen Einwirkungen erscheint eine positive Beeinflussung der Stimmung bei der Frau, die durch Direktivität bewirkt wird.

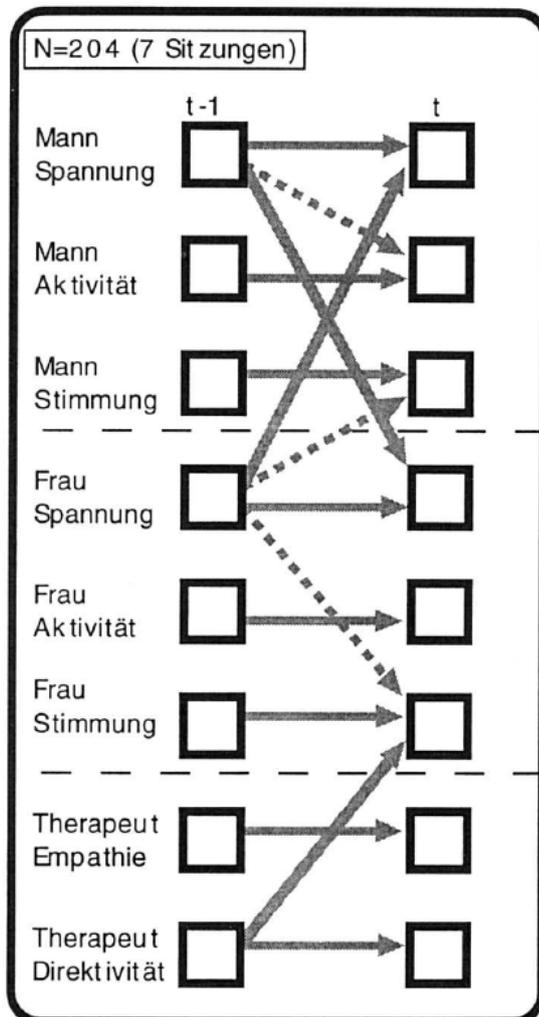


Abb. 8.3.2: Zustandsraummodell des gesamten Therapieverlaufs. Grundlage sind die Zeitreihen aus Abb. 8.3.1. Die rechte Spalte mit Kästchen symbolisiert die Variablen zu einem beliebigen Zeitpunkt t , die linke Spalte zu dem Zeitpunkt vorher ($t-1$). Die Messungen der Variablen erfolgten in 3-Minuten-Abschnitten. Nur signifikante Wirkungen sind dargestellt; negative Wirkungen sind strichliert

Vergleich der Phasen vor und nach dem vermuteten Phasenübergang

Die Stationarität der Zeitreihen von gerateten psychologischen Variablen für die beiden Therapiephasen kann (mit Ausnahme der Spannung der Klientin nach der Intervention) auf dem 5%-Niveau gesichert werden. Dies deutet m.E. darauf hin, dass die Wahl des Zeitpunktes, ab dem die Postphase beginnt, gerechtfertigt ist. Die Niveaus der Spannung, Aktivität und Stimmung des Paares während der beiden Abschnitte sind deutlich verschieden, wie schon Abb. 8.3.1 zeigte: die Stimmung ist

sichtlich gebessert, die Aktivität höher und die Spannung zurückgegangen. Demgegenüber verändern sich die Therapeutenvariablen wenig.

Die Analysen der Komplexität sind in Tab. 8.3.2 dargestellt. Bei den nach "prä" und "post" unterteilten Zeitreihen wurde auf Bootstraptests der Vorhersagbarkeit wegen der zu kurzen Zeitreihenlänge verzichtet.

		Präphase (N=132)			Postphase (N=72)		
		Auf- lösung	normierte Komplexität	Boot- strap	Auf- lösung	normierte Komplexität	Boot- strap
psychologische Variablen	Mann Spannung	11	0.69	0.9	9	0.75	1.9
	Mann Aktivität	13	0.85	1.2	7	0.60	0.5
	Mann Stimmung	13	0.77	0.9	7	0.65	2.02*
	Frau Spannung	11	0.74	1.0	13	0.78	2.21*
	Frau Aktivität	13	0.74	0.5	7	0.60	1.4
	Frau Stimmung	12	0.77	1.2	11	0.72	0.5
	Therapeut Empathie	13	0.64	1.7	13	0.67	2.36*
	Therapeut Direktivität	11	0.64	1.2	5	0.61	1.8
		Präphase (N=114)			Postphase (N=62)		
Sprech- frequen- zen	Mann → Frau	5	0.57	0.4	6	0.71	0.1
	Frau → Mann	5	0.59	0.3	6	0.77	1.4
	Mann → Therapeut	10	0.79	0.2	7	0.92	1.1
	Therapeut → Mann	10	0.79	0.2	7	0.81	0.8
	Frau → Therapeut	10	0.82	0.3	8	0.90	1.0
	Therapeut → Frau	10	0.82	0.3	9	0.92	0.4

Tab. 8.3.2: Komplexitäten aller Variablen, dargestellt durch Effektmasse von Bootstraptests mit jeweils 50 "durchmischten" Surrogatdatensätzen

Die Effektmasse für die Komplexität sind in der Phase vor der Intervention in keinem Fall signifikant, d.h. die Komplexität (Gegensatz: Redundanz, Ordnung) der Verläufe ist nicht vom Zufall zu unterscheiden. In der Postphase dagegen kann die Nullhypothese "Die Zeitreihe ist ohne serielle Struktur" in immerhin drei Fällen zurückgewiesen werden. Der Eindruck, dass in der Präphase eher geringere Effektmasse vorliegen, bestätigt sich durch paarweise Vergleiche ($t = 2.89$; $df = 13$; $p = .013$). Die faktorenanalytische Methode zur Schätzung der Komplexität einer multivariaten Zeitreihe (sie wurde in Abschnitt 6.2.1 eingeführt und wird insbesondere im folgenden Abschnitt 8.3.2 eingesetzt werden) ergibt für die Postphase 5 Situationsfaktoren, für den gleichlangen Beginn der Präphase 6 Situationsfaktoren; auch dies ist ein Hinweis auf die abnehmende Komplexität der Therapiephase nach der Intervention. Die Freiheitsgrade des Therapiesystems nehmen also gegen Ende dieser Therapie ab.

Zustandsraummodelle für beide Therapiephasen sind in Abb. 8.3.3 dargestellt. Die beiden Phasen ergeben unterschiedliche Modelle derselben Klasse (AR(1)): das Modell der Präphase spricht für die grosse Bedeutung, die die Spannung der Klientin zu spielen scheint, von der drei signifikante Wirkungen ausgehen. Die Postphase zeigt dasselbe Bild mit einigen Erweiterungen; das Feedbacksystem zwischen den Spannungen von Frau und Mann, das bereits im Gesamtmodell (Abb. 8.3.2) auftauch-

te, ist zentral; therapeutische Wirkungen werden auf den Mann gerichtet und beeinflussen dessen Aktivität (im Sinne einer Dämpfung). Die Aktivität der Frau steigert die des Mannes und verschlechtert zugleich seine Stimmung.

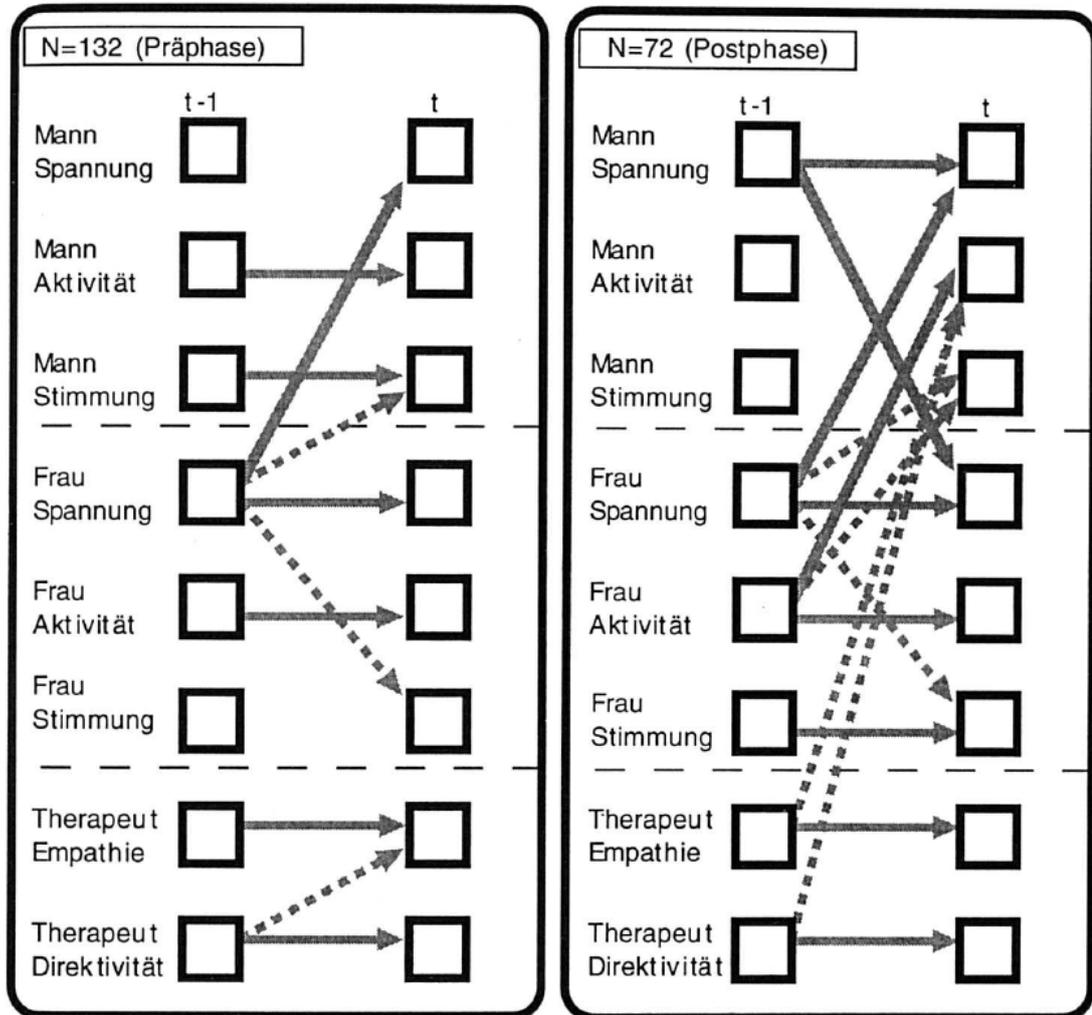


Abb. 8.3.3a,b: Zustandsraummodell der Präphase des Therapieerfolgs (a) sowie der Postphase (b). Grundlagen sind undifferenzierte Zeitreihen. Nur die signifikanten "gelagten" Parameter sind aufgeführt. Negative Parameter sind strichliert

D) Diskussion

Die Bootstrappmethoden bei dieser Therapiestudie ergeben, dass die psychologischen Variablen (Spannung, Aktivität, Stimmung der Klienten; Direktivität und Empathie der Therapeuten) einer überzufälligen Dynamik folgen. Ihre Komplexität und Vorhersagbarkeit deutet auf serielle Ordnung und Struktur hin. Sie können zudem anscheinend am ökonomischsten linear-stochastisch vorhergesagt werden, da

die NVA-Bootstraptests gegen die Linearität nicht signifikant sind. Die Metapher des deterministischen Chaos wird also in der hier untersuchten Therapie nicht nahegelegt. Sprechhäufigkeiten (Anzahl von Sprechhandlungen mit einem bestimmten Adressaten pro drei-Minuten-Epoche) können dagegen nicht gegen den Zufall abgehoben werden. Hier ist auch keine serielle Ordnung nachweisbar.

Ein systematischer Unterschied der Komplexität fiel beim Vergleich der beiden Therapiephasen auf: die Postphase nach der als wirksam angenommenen Nischen-Unterlassens-Intervention weist eine signifikante Reduktion der Komplexität auf. Man kann also vermuten, dass das Therapiesystem nach der Intervention einen Übergang in eine andere, geordnetere Funktionsweise erfahren hat. Das ist kompatibel mit der Interpretation von Brunner & Lenz (1993), dass ein Phasenübergang in dieser Therapie stattgefunden habe. Dieses Ergebnis der Bootstraptests ist weiterhin vereinbar mit den beiden Modellen in Abb. 8.3.3; das Modell der Postphase besitzt mehr Struktur in Form von als Pfeilen versinnbildlichten Interaktionen. Die Dynamik der Postphase hat also weniger Freiheitsgrade, da sie mehr in Strukturen eingebunden und damit auch weniger komplex ist.

Die Modelle (Abb. 8.3.2 und 8.3.3a,b) erlauben begründbare Spekulationen über die therapeutische Dynamik und die Dysfunktionalität des behandelten Paares. Wie kann die Paarproblematik beschrieben werden? Das Gesamtmodell besagt nach meiner Einschätzung, dass das wechselseitige Rückkopplungssystem der Spannung (seine Spannung erhöht die ihre, ihre Spannung die seine) dieses Paar für *symmetrische Eskalationen* prädisponiert. Die Spannung bei der Frau mindert darüberhinaus intraindividuell die Stimmung der Frau und interaktionell die Stimmung ihres Partners; die Spannung des Mannes führt zu seiner geringeren Aktivität. Das Modell der Präphase (Abb. 8.3.3a) deutet auch auf eine zentrale Stellung der Spannung der Frau im Therapiesystem; die Frau stellt sich als der aktivere Part dar, indem ihre Gespanntheit den Partner gespannt macht und ihm wie auch ihr selbst schlechtere Stimmung bereitet.

Die Postphase, die gewissermassen die "Lösungskonstellation" der Paartherapie darstellt, löst interessanterweise die problematischen Interaktionen nicht etwa ab, sondern erweitert und überbaut stattdessen das Transaktionsmuster des Problemsystems. Die Erweiterung betrifft vorrangig die Aktivität des Mannes: Der therapeutische Einfluss wird nun wirksam durch eine dämpfende Steuerung dieser Aktivität, was sowohl durch Direktivität als auch Empathie geschieht. Die Aktivität der Frau bewirkt dagegen eine Steigerung der Aktivität des Mannes (und könnte so evtl. die therapeutischen Wirkungen konterkarieren). *Welche* Aktivitäten des Mannes durch die therapeutischen Einflüsse erfolgreich unterdrückt werden, und welche (andere?) Aktivität des Mannes von der Frau gefördert wird, kann aus unserer Analyse nicht entnommen werden; dies ist eine inhaltliche Detailfrage, die anhand der Videoaufzeichnung geklärt werden könnte.

Ich interpretiere die therapeutische Wirkung in dieser erfolgreichen (Brunner & Lenz, 1993) Paarbehandlung zusammenfassend folgendermassen: das therapeutische Agens ist nicht etwa, dass der Konflikt dieses Paares beseitigt oder ungeschehen

gemacht wurde, sondern dass er in ein Gerüst von zusätzlichen Interaktionen eingebettet wurde. Dies erlaubte es, dass die Stimmung und Spannung bei dem Klientenpaar sich in Richtung auf mehr Wohlbefinden (s. Abb. 8.3.1) ändern konnte. Zugleich lässt dies allerdings auch befürchten, dass eine Restabilisierung der Problemkonstellation bei Wegfall der einbettenden Interaktionen jederzeit möglich ist.

Ich halte den Nachweis von Mustern im Verlauf dieser Therapie für bedeutsam, denn Psychotherapien haben eine Reihe von Attributen, die dem Ziel einer verlässlichen dynamischen Modellierung zuwiderlaufen können. Im vorliegenden Fall einer systemischen Paartherapie ist hier die wechselnde Zusammensetzung des Therapiesystems zu nennen, weiterhin die wechselnden Interaktionssituationen (z.B. direkte Interventionsphasen vs. Gesprächsphasen vs. Intervention des beobachtenden Kotheapeuten). Schliesslich werden für die Zeitreihenanalysen die Teilzeitreihen pro Sitzung und pro Interventionsphase aneinandergelagert und als eine fortlaufende (Quasi-) Zeitreihe ausgewertet; die Intervalle und Ereignisse zwischen den Sitzungen bleiben ausgeklammert. Die sich einstellenden dynamischen Muster im Therapiesystem werden also durch vielerlei Einflüsse gestört — die "Verstörung" festgefahrener Muster ist ja schliesslich das Ziel einer Therapie. All dies muss sich notwendigerweise auf die Signifikanzen auswirken: da diese sich auf die Entdeckung von Regelmässigkeit und Vorhersagbarkeit beziehen, sind nicht von vornherein signifikante Effektmasse zu erwarten. Ich gehe deshalb davon aus, dass die vorhandenen Signifikanzen auch klinisch relevant sind.

In Zukunft interessiert natürlich die Generalisierbarkeit der über die Fallbeschreibung hinausgehenden Befunde. Zum einen ist die Frage relevant, ob das Wirkungsgeschehen eines Therapiesystems sich nach einer effizienten Intervention generell in der hier gesehenen Weise ändert. Gilt allgemein: Lösungsgestalt gleich Problemgestalt plus zusätzliche einbettende Interaktionen? Falls ja, müsste sich Psychotherapie noch weit mehr als bis anhin mit der Konsolidierung einer erreichten Lösungsgestalt befassen. Der Konsolidierung kommt ebensogrosse Bedeutung zu wie der Veränderung selbst (vgl. Tschacher, 1990, S. 157).

Zum anderen ist die Verminderung der Komplexität in der Lösungsstruktur der hier untersuchten Einzeltherapie ein Ergebnis, das von der Selbstorganisationstheorie (Tschacher & Grawe, 1996) vorhergesagt wird. Wenn das Therapiesystem ein selbstorganisierendes System ist, muss es zu einer Reduktion von Freiheitsgraden (durch "Versklavung" und Emergenz von Ordnungsparametern, also dominant gewordenen Verhaltenskernen) kommen, d.h. zu einer Reduktion der Komplexität.

Dem synergetischen Szenario einer Komplexitätsreduktion kann man die Theorie der Endosysteme gegenüberstellen (Rössler, 1992a; Atmanspacher & Dalenoort, 1994). Systeme mit inneren Beobachtern, d.h. selbstreferentielle Systeme, sind eine im Kontext der systemischen Therapieschulen seit längerem diskutierte Thematik (Reiter et al., 1988; Schiepek, 1991). In Endosystemen zeigt sich ein Trend auf gleichbleibend hohe oder zunehmende Komplexität (Beispiel: die Evolution der Lebewesen). Durch fortdauernde Diversifikation, also ständiges Evolvieren neuer Ordnungsparameter, erhöht sich die Vielgestaltigkeit des Systems. Die Prognose für

Endosysteme ist damit gegensätzlich zu der Prognose der Selbstorganisationstheorie, was die Komplexitätsentwicklung angeht.

Es entsteht somit die Frage, welches der beiden Szenarien auf Therapiesysteme zutrifft. Ist es beständige Diversifikation ohne natürliches Ende, etwa so wie die "unendliche Analyse" nach Freud (1937) ein Therapiesystem skizziert, das stets neue Dynamik konstruiert? Oder ist es Selbstorganisation mit Konvergenz auf eine die Therapie abschliessende Prozessgestalt?

Komplexitätsmessungen stellen, wie eben gezeigt, eine Möglichkeit dar, diese Frage empirisch anzugehen. Die nun in Kap. 8.3.2 untersuchten Therapien erlauben es, diese Hypothese der Selbstorganisation an einer Stichprobe von unterschiedlichen Therapieverläufen zu prüfen. An den in Bern dokumentierten Therapien (Grawe & Braun, 1994) kann ich daraufhin auch die weitergehende Frage untersuchen, ob und in welcher Weise die Reduktion von Komplexität mit dem Outcome der entsprechenden Therapien zusammenhängt.

8.3.2 Berner Psychotherapiestudie

A) Einleitung

Die zentrale Hypothese zur Selbstorganisation, die hier angesprochen werden soll, ist die Hypothese der Reduktion von Freiheitsgraden in Bezug auf das komplexe psychosoziale System TS, das in einem psychotherapeutischen Setting entsteht.

In den selbstorganisierenden Modellsystemen der Physik (z.B. Laser und Bénard-Konvektion, s. Abschnitt 1.2), die — anders als psychosoziale komplexe Systeme — bezüglich ihrer dynamischen Eigenschaften gut untersucht sind, entwickeln sich unter der Bedingung eines stetigen Energie- oder Materiedurchsatzes spontan Gleichgewichtszustände. Die Gleichgewichtsdynamik ist naturgemäss wesentlich einfacher beschreibbar als das unkoordinierte Verhalten der Systemkomponenten vor dem Eintreten der Selbstorganisation. Dieses Einfacherwerden durch die kollektive Koordination beschränkt also die Dimensionalität des Systems bzw. reduziert dessen Freiheitsgrade. Man kann somit Selbstorganisation als die spontane Reduktion von Freiheitsgraden in einem komplexen offenen System definieren; "spontan" deutet darauf hin, dass diese Reduktion nicht von aussen organisiert und gesteuert wird, sondern eine emergente, neu auftretende Qualität des komplexen Systems ist (s. Kapitel 6).

Phänomenologische Indizien für die nichtlineare Entstehung und Entwicklung von Therapiesystemen zu finden, ist nicht schwer. Man spricht etwa von Phasen einer Therapie, die sich durch krisenhafte Übergänge ablösen (Brunner et al., 1996). Unter der Therapie werden Sachverhalte und Probleme, die als Themen im Therapiesystem auftauchen, sukzessive gesichtet, geordnet und idealerweise in neuer Konstellation und Zusammenstellung besser und einfacher verstanden. Die Selbst-Schemata des Patienten (und Therapeuten?) werden umfassender und flexibler, und werden seltener

durch Vermeidung und Abwehr blockiert (Grawe, 1988); die Selbstdynamik bekommt prägnantere Gestalt (Tschacher & Rössler, 1996).

Ich suchte nun einen Weg, diese Ordnungstendenz im Therapiesystem empirisch zu fassen. Dazu benötigt man zum einen Datensätze über durchgeführte Therapien, die möglichst umfassend und detailliert verschiedene Aspekte des Therapiesystems im Längsschnitt erfassen. Ausserdem musste ich mich für eine Methode zur Abschätzung der Dimensionalität dieser Datensätze entscheiden. Beides soll nun dargestellt werden (s. Tschacher & Grawe, 1996).

B) Untersuchte Therapien

Ich untersuchte Verlaufsdaten aus 28 Einzelpsychotherapien, die im Laufe der Jahre 1981 bis 1994 an der psychotherapeutischen Praxisstelle der Universität Bern durchgeführt wurden. Es handelt sich um 3 Gesprächstherapien und 10 Verhaltenstherapien (5 Breitspektrumverhaltenstherapien, 5 interaktionelle Verhaltenstherapien), die in den Jahren 1981 bis 1985 im Rahmen der Berner Therapievergleichsstudie (Grawe et al., 1990) durchgeführt wurden; sowie um 9 Therapien aus den Jahren 1988-1991, die dem Konzept der "heuristischen Psychotherapie" (Grawe, 1987) folgten. Weitere sechs schemaorientierte Einzelpsychotherapien entstammen einem darauffolgenden Projekt (ab 1992). Die Therapien stellen eine Auswahl aus einer weit grösseren Zahl zur Verfügung stehender Therapiebeschreibungen dar. Einziges Auswahlkriterium war die Therapiedauer. Ich bezog alle Therapien mit einer Therapiedauer von mindestens 40 Sitzungen ein. Tab. 8.3.3 gibt die Therapiedauern n für die untersuchten Therapien an.

Ich sehe von den Unterschieden in der theoretischen Orientierung der Therapien zunächst ab, weil sie für die generelle Hypothese irrelevant sind. Die Therapiesitzungen fanden in der Regel einmal wöchentlich statt. Genauere Angaben zu den behandelten Patienten und den die Therapie durchführenden Therapeuten finden sich für die ersten 13 in Tab. 8.3.3 aufgeführten Therapien bei Grawe et al. (1990). Für die übrigen Therapien gelten im wesentlichen dieselben Merkmale.

C) Datenmaterial

Jede Therapiesitzung wurde unmittelbar im Anschluss an die Sitzung vom Patienten auf einem Patientenstundenbogen und vom Therapeuten auf einem Therapeutenstundenbogen eingeschätzt. Die Stundenbögen für die ersten 13 und die letzten 15 Therapien unterscheiden sich in Teilen. Aus dem Therapeutenstundenbogen wurden 14 für alle Therapien übereinstimmende Items in die Auswertung einbezogen (Beispiel: "Ich habe den Eindruck, der Patient/die Patientin hat nicht das vorgebracht, was ihn/sie wirklich bewegte."). Aus dem Patientenstundenbogen (Beispiel: "Heute habe ich mich in der Beziehung zum Therapeuten wohlgefühlt.") wurden für die

ersten 13 Therapien 19 Items ausgewertet, die auch von den Patienten der letzten vier Therapien beantwortet worden waren. Für die letzten 15 Therapien wurden zusätzlich zehn Items berücksichtigt, die den Patienten der ersten acht Therapien nicht vorgegeben worden waren. Dieser 29 Items umfassende Patientenstundenbogen ist bei Grawe & Braun (1994) vollständig abgedruckt. Damit liegen zu jedem Therapieverlauf multiple Zeitreihen vor, die aus zwischen 33 und 43 siebenfach abgestuften Variablen bestehen, und zwischen 40 und 90 Messzeitpunkte umfassen.

D) Analysemethoden

Faktorenanalytischer Ansatz:

Die Daten zu jeder einzelnen Therapie wurden faktorenanalytisch ausgewertet. Ich führte Hauptkomponentenanalysen über die Datenebene Variablen \times Zeitpunkte durch (O-Technik nach Cattell); diese reduzieren die Kovariation der Merkmale des Therapiesystems (d.h. der Fragebogenitems) über die Zeit hinweg auf wenige Situationsfaktoren, welche dann Therapiestunden mit ähnlichen Merkmalen kennzeichnen. Solche Analysen werden im Rahmen der Synergetik mit dem Ziel durchgeführt, Ordnungsparameter (dominante Moden) in selbstorganisierten Systemen zu extrahieren (Friedrich & Uhl, 1992; Haken, 1996) und im Zeitverlauf darzustellen. In einem exemplarischen Fall (Therapie 312) werden die sukzessiven Faktorenladungen pro Sitzung als Zeitreihe von Situationsfaktoren dargestellt, sowie das zugehörige Zustandsraummodell gerechnet.

Ich verwendete die O-Technik im folgenden als eine Methode zur Abschätzung der Anzahl der Freiheitsgrade bzw. der Dimensionalität in den Therapiesystemen. Dazu schiebe ich gewissermassen ein "Fenster" über die multiple Zeitreihe einer Therapie und bestimme innerhalb des Fensters die Anzahl der Faktoren mit einem Eigenwert grösser als 1. Es wird keine Faktorenrotation vorgenommen. Faktoren mit einem Eigenwert grösser als 1 sind Faktoren, die die Information, die im Datensatz zu einer Therapie gegeben ist, zusammenfassen und komprimieren. Um einen Überblick über den Verlauf der Dimensionalität zu erhalten, kann man die Anzahl der Freiheitsgrade zu Beginn der Therapie und zu Ende der Therapie in jedem der 28 Datensätze vergleichen. Die Grösse des Fensters betrug jeweils 30 Zeitpunkte, da bei Faktorenanalysen die Anzahl der Datensätze die Anzahl der Variablen, über die faktorisiert werden soll, nicht unterschreiten sollte. Man kann mit diesem Verfahren (der "O-Fenster-Technik") also die zentrale Aussage der Selbstorganisationstheorie überprüfen, dass die Evolution eines Therapiesystems einhergeht mit einer deutlichen Reduktion der Freiheitsgrade des Systems.

Bei den Faktorenanalysen wurde beim Fehlen von einzelnen Angaben im Datensatz einer Therapie die Methode "pairwise deletion" zur Berechnung der Faktoren verwendet, um möglichst wenig Information zu verlieren. In den wenigen Fällen, wo in einer einzelnen Sitzung entweder der Patienten- oder Therapeutenstundenbogen

nicht ausgefüllt wurde, wurde die entsprechende Sitzung bei der Berechnung der Faktoren übersprungen.

Erhebung von Ordnungsmassen:

Die bereits in Abschnitt 6.2.1 ausführlich beschriebene Methode, die Ordnung o eines multivariaten Datensatzes (hier: multipler Zeitreihen) aus der Kovariation der Daten zu schätzen, wurde auch im Falle der hier analysierten Therapieverläufe eingesetzt (Banerjee et al., 1990). Verglichen wurden die Werte für die ersten 20 Sitzungen und die abschliessenden 20 Sitzungen der Therapien. Die Ordnung der Verläufe sollte deutlich mit dem Ergebnis der O-Fenster-Technik korrespondieren, da beide Verfahren die Kovarianz der einzelnen Zeitreihen betreffen.

E) Ergebnisse

Abb. 8.3.4 zeigt den Verlauf der drei grössten Situationsfaktoren (d.h. der drei varianzstärksten Faktoren, die bei einer Faktorenanalyse mit der O-Technik nach Varimax-Rotation resultieren) in einer 56-stündigen Therapie (Therapie Nr. 312 in Tab. 8.3.3). Die Faktoren wurden aus der Faktorenanalyse des gesamten Therapieverlaufs gewonnen und lassen sich folgendermassen inhaltlich definieren: Faktor 1 lädt besonders hoch während Therapiestunden mit hohem Rapport, Problemeinsicht und optimistischer Lösungsorientierung; Faktor 2 beschreibt Unklarheit, Initiativlosigkeit und Vermeidungshaltung; Faktor 3 eine vorsichtig-indifferente Zufriedenheit mit Anzeichen von Widerstand seitens der Patientin. Die Abbildung zeigt eine instabile Anfangsphase im ersten Drittel der Therapie und die dann über Krisen hinweg sich immer deutlicher etablierende therapeutische Allianz (mit einer stabilen Phase im

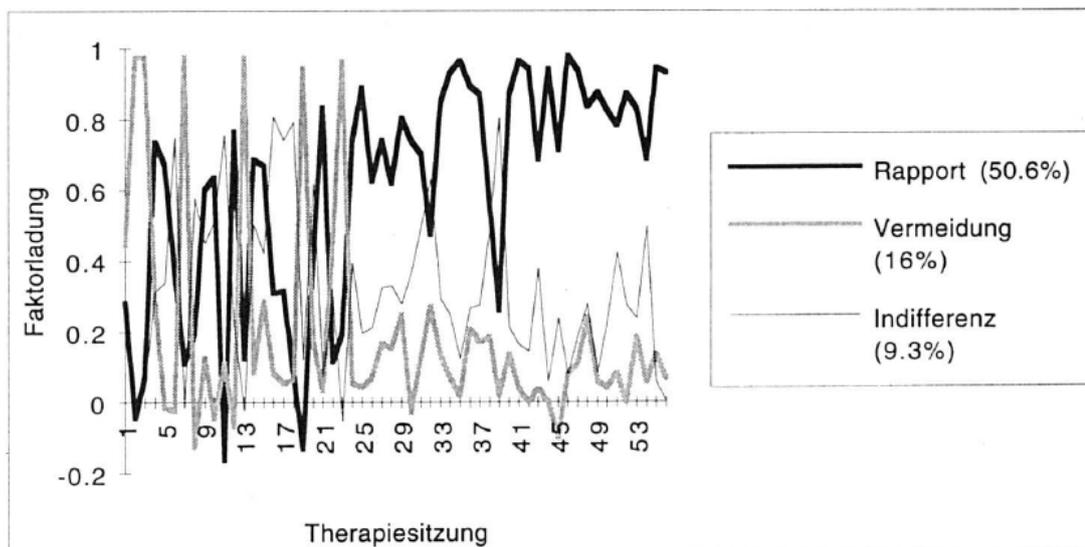


Abb. 8.3.4. Faktorladungen von drei Varimax-rotierten Faktoren im Verlauf einer Psychotherapie (Nr. 312)

letzten Drittel der Therapie). Das Zustandsraummodell in Abb. 8.3.5 modelliert Beziehungen zwischen den Faktoren dieser Therapie Nr. 312: Rapport und Indifferenz sind autoregressiv stabil in der Zeit (waagrechte Pfeile), die Vermeidungshaltung dagegen nicht. Rapport sowie dem Trend nach auch Indifferenz vermindern Vermeidung; Vermeidung steigert die Indifferenz.

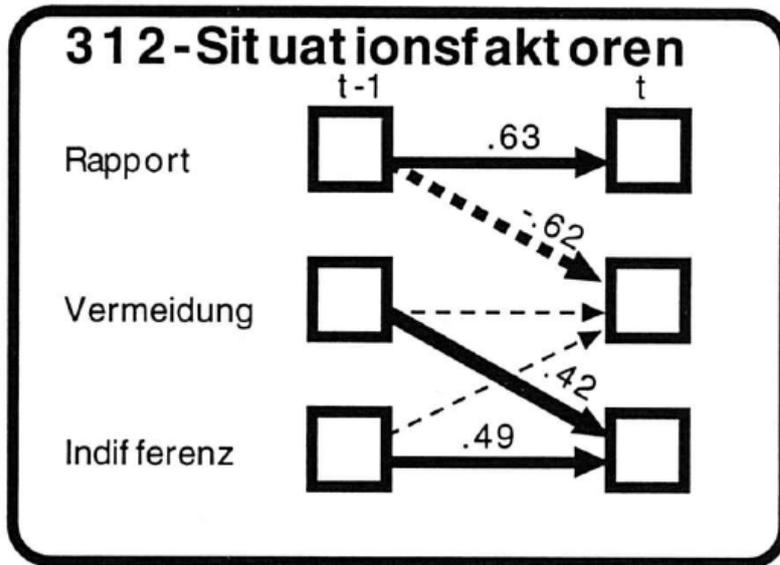


Abb. 8.3.5. Zustandsraummodell der in Abb. 8.3.4 dargestellten Faktoren einer Therapie. Dick ausgezogen sind signifikante Interaktionen, dünne Pfeile sind trendmässig bedeutsame Interaktionen (strichliert: negative Werte)

Tab. 8.3.3 stellt Veränderungen in Merkmalen der Faktorenstruktur der jeweils ersten gegenüber den letzten 30 Sitzungen jeder Therapie zusammen. Die Dimensionalität ist bestimmt als die Anzahl der unrotierten O-Technik-Faktoren mit einem Eigenwert grösser 1. Der prozentuale Anteil der durch den grössten Faktor aufgeklärten Varianz ist ebenfalls aufgeführt; dieser Wert ist gleichfalls ein Indikator für die faktorenanalytische Abschätzung der Dimensionalität, da die Hauptkomponentenanalyse einen möglichst grossen Anteil der Gesamtvarianz auf den ersten Faktor anhäuft.

Die durchschnittliche Abnahme der Dimensionalität von der ersten zur zweiten Therapiehälfte ist sehr signifikant ($p = .0006$), ebenso die Zunahme der Varianzaufklärung durch den ersten Faktor ($p = .0029$). Die Ergebnisse sind damit konsistent mit der Hypothese, dass es im Verlauf längerer Psychotherapien zu einer Reduktion von Freiheitsgraden, d.h. zu einer Zunahme von Ordnung kommt.

Die Ergebnisse der faktorenanalytischen Schätzung der Freiheitsgrade wird durch die Einschätzung des Ordnungsmasses o gestützt. Die Ordnung der Therapiesysteme nimmt im Mittel sehr signifikant zu ($p = .0001$). Ordnung ist hier definiert als $1 - \text{realeEntropie} / \text{potentielleEntropie}$ (s. Abschnitt 6.2.1). In den besprochenen Daten steigt auf das Therapieende hin auch die potentielle Entropie. Die reale Entropie der Datensätze sinkt im Durchschnitt ebenso deutlich ab.

Eine interessanter Unterschied zeigt sich zwischen unterschiedlichen Therapiefor-

men, im vorliegenden Datensatz zwischen der HPT (heuristische Psychotherapie, eine schematheoretisch fundierte, einsichts- und klärungsorientierte Therapieform) und den anderen Therapieformen (Gesprächstherapien und verschiedene Verhaltenstherapien): die HPT unterscheidet sich bezüglich der potentiellen Entropie von den anderen Therapien insofern, als sie besonders am Ende des Therapieverlaufs eine signifikant höhere potentielle Entropie aufweist. Man kann interpretieren: der mögliche Raum der Beziehungskomplexität wird speziell durch HPT deutlich erweitert; da auch bei HPT die Ordnungszunahme in fast gleichem Umfang erfolgt wie bei anderen Therapieformen, ist zusätzlich noch zu konstatieren, dass auch hier ungeachtet der grösseren Beziehungsfreiheit sich effektiv Muster bilden, d.h. Prozessgestalten etablieren können.

Therapie-Nr.	Pt.: Geschlecht	Therapiemethode	n	Dimensionalität		erklärte Varianz Faktor1		Ordnung σ	
				Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende
9	w	BVT	44	5	4	50.4	49.8	0.274	0.332
12	m	IVT	63	4	3	57.3	67.2	0.336	0.321
24	w	BVT	42	2	1	85.8	89.4	0.521	0.597
30	w	GT	59	6	5	47.3	57.2	0.236	0.279
35	m	IVT	51	5	3	50.7	75.6	0.282	0.505
46	w	IVT	73	2	2	81.3	87.5	0.532	0.554
49	m	IVT	56	3	3	74.6	70.5	0.394	0.421
55	w	BVT	48	5	4	48.4	63.8	0.297	0.401
75	w	GT	59	5	5	62.2	51.1	0.325	0.346
77	w	IVT	59	2	3	78.5	77.1	0.411	0.456
83	w	BVT	44	7	6	44.4	42.4	0.207	0.241
84	w	GT	71	3	3	68.4	72.3	0.381	0.461
93	w	BVT	56	6	4	52.2	65.6	0.281	0.381
303	m	HPT	90	6	4	45.9	57.3	0.304	0.348
304	w	HPT	48	3	2	72.7	77.7	0.447	0.424
305	w	HPT	40	3	2	73.9	74.6	0.442	0.458
306	w	HPT	53	3	3	72	72.3	0.259	0.342
307	m	HPT	49	4	4	56.6	59.7	0.296	0.326
308	w	HPT	85	4	3	55	72.1	0.35	0.462
312	m	HPT	56	5	2	56.7	76.5	0.309	0.483
314	w	HPT	52	1	2	87.1	85.8	0.528	0.473
317	w	HPT	62	4	3	66.9	67.8	0.425	0.389
2401	m	SPE	54	3	3	77.4	73.3	0.469	0.482
3001	w	SPE	70	1	2	80.1	75.4	0.469	0.476
10601	m	SPE	59	3	2	70.1	80.1	0.378	0.46
11501	m	SPE	46	5	4	55.5	58.5	0.349	0.382
11502	m	SPE	45	2	2	78.7	79.3	0.485	0.506
10102	m	SPE	77	2	1	73.7	88	0.389	0.653
Mittelwerte				3.71	3.04	65.13	70.29	0.37	0.43
<i>p</i>				0.000		0.003		0.000	

Tab. 8.3.3. Überblick zur untersuchten Stichprobe aus Psychotherapieverläufen. "Anfang" ("Ende"): Werte für die ersten (letzten) 30 (bei Ordnung: 20) Sitzungen einer Therapie. "*p*": Wahrscheinlichkeit nach *t*-Test für abhängige Stichproben (einseitig). BVT: Breitspektrum-Verhaltenstherapie; IVT: interaktionale Verhaltenstherapie; GT: Gesprächstherapie; HPT: heuristische Psychotherapie; SPE: schemaorientierte Psychotherapie einzeln

F) Diskussion

Die allgemeine "synergetische" Hypothese zur Entwicklung von KPS konnte hier am Beispiel von Psychotherapieverläufen geprüft und bekräftigt werden: es scheint in der Regel so zu sein, dass die Dimensionalität in Therapieprozessen am Ende geringer ist als zu Beginn. Die Ordnung des TS steigt ebenfalls hochsignifikant. Dies ist sehr gut mit der Grundthese der Synergetik vereinbar, dass die Emergenz eines selbstorganisierten Systems formal als eine Reduktion der Anzahl von Freiheitsgraden des Systems aufgefasst werden kann. Ich interpretiere diesen Befund als ein Indiz für die Selbstorganisation des Therapiesystems, das in der therapeutischen Beziehung entsteht. Die Bedeutung dieses Befundes wird dadurch unterstrichen, dass eine Alternativhypothese ausgeschlossen werden kann: die Veränderung der Komplexität könnte dadurch verursacht sein, dass sich die Messcharakteristik der Stundenbogeninstrumente im Laufe von Therapien systematisch verschiebt. Dies könnte dadurch entstehen, dass der wiederholte Einsatz der Stundenbögen zu einem oberflächlicheren, schematischen Ausfüllen führt. Diese Alternativhypothese testete ich, indem ich die Anzahl der *Merkmalsfaktoren* in den Anfangs- und Endphasen jeder Therapie verglich. Es ergibt sich dabei kein Hinweis auf eine Veränderung der faktoriellen Struktur der eingesetzten Stundenbögen. Zudem sind die Anzahl der Merkmals- und Situationsdimensionen (O-Technik) unkorreliert.

In Abb. 8.3.4 demonstrierte ich einen Therapieverlauf mit turbulenter Anfangsphase (starkes Oszillieren der drei Verlaufsfaktoren mit abwechselnder Dominanz mal des einen, mal des anderen Faktors) und ruhiger Endphase, während der der Rapportfaktor allein fast die gesamte Varianz des Systems beschreibt. Dieses Beispiel zeigt, dass man mit einer gewissen Berechtigung von phasenhaften Verläufen sprechen kann, über die sich realisiert. Dies steht möglicherweise in Analogie zu selbstorganisierenden Systemen, die in ihrer zeitlichen Evolution verschiedene Attraktoren ausbilden. Die Passage ("Phasenübergang" nach der Synergetik) zwischen verschiedenen Attraktoren ist oft ein markantes nichtlineares "Springen" zwischen dynamischen Regimes. Mehrere weiterführende Fragestellungen liegen hier auf der Hand: bei Vorliegen von inhaltlichen Therapiedokumentationen kann man etwa a posteriori aus Aufzeichnungen ersehen, welche Intervention oder welches Ereignis zu Phasenübergängen geführt haben mag (dies war Ausgangspunkt der Analysen in Abschnitt 8.3.1 "Weinheimstudie"). In der dynamischen Theorie werden zudem charakteristische Routen in neue Gleichgewichte beschrieben, die durch verschiedene Zeichen bevorstehende Phasenübergänge ankündigen (z.B. Phasenverdopplung und kritisches Langsamerwerden). Es wäre wie auch bei den Schizophrenieverläufen interessant, die Validität solcher prognostischer Dynamik-Marker in der therapeutischen Praxis zu erkunden.

Vom Standpunkt der Diversifizierung eines Endosystems her gesehen, markiert im übrigen ein niedrigdimensionales System den Endpunkt einer Therapie. In dem Ausmass, in dem das TS vorhersagbar und in seiner Komplexität weitgehend reduziert ist, fällt auch die Wahrscheinlichkeit, dass das TS neue kreative Lösungen für noch

bestehende Probleme erbringt. Die Exploration des therapeutischen Raums ist abgeschlossen. Die Interpretation der Befunde im Zusammenhang einer allgemeinen Theorie der Psychotherapie wird in Kapitel 9 vorgenommen.

8.3.3 Ordnung von Therapiesystemen und Therapie-Outcome

Auf dem Hintergrund des in der Weinheimstudie angerissenen und in der Berner Psychotherapiestudie fundierten Phänomens, dass die Ordnung im Therapiesystem (TS) gegen Abschluss der hin zunimmt, stellt sich die Frage, ob und inwiefern das Ausmass und die Veränderung der Dimensionalität und Ordnung in Zusammenhang mit anderen Merkmalen von Therapien gesehen werden kann. Aus diesem Grund untersuchte ich korrelative Zusammenhänge zwischen Indikatoren der Dimensionalität und Ordnung sowie Indikatoren der Outcomequalität der 22 ersten in Kap. 8.3.2 untersuchten TS (die Auswertung der SPE-Therapien ist in Vorbereitung). Der Charakter dieser zweiten, post-hoc-Fragestellung ist — anders als bei der gerichteten Hypothese "Reduktion von Freiheitsgraden" — korrelativ-suchend (Greenberg, 1991).

Zwei Fragestellungen sind dabei von Interesse: erstens, wie ist der Zusammenhang von Outcome-Massen mit dem *Niveau* an Ordnung im TS?, sowie zweitens, welcher Zusammenhang besteht zwischen Outcome-Massen und der *Ordnungsänderung* im Laufe der Therapie? Besteht ein 5%-signifikanter korrelativer Zusammenhang, so werde ich diesen im folgenden als einen "Effekt" bezeichnen, wobei grob vier Typen von Effekten unterschieden werden können:

	... mit <u>Ordnungsniveau</u>	... mit <u>Ordnungszunahme</u>
Outcome korreliert positiv ...	Ordnungs-Effekt (d.h. geordnete Muster sind funktional)	Ordnungsbildungs-Effekt (d.h. Musterbildung ist funktional)
Outcome korreliert negativ ...	Entropie-Effekt (d.h. Unordnung ist funktional)	Entropiezunahme-Effekt (d.h. Diversifikation ist funktional)

Tab. 8.3.4. Einteilung der signifikanten Korrelationen zwischen Massen der Ordnung und des Therapie-Outcomes. "Funktional" bedeutet: funktional im Sinne eines Therapieerfolgs

A) Methode

Die explorative Fragestellung, die ich in diesem Abschnitt verfolge, basiert auf der Erhebung einer umfangreichen Palette von Variablen des Verlaufs und Erfolgs der Therapie einerseits (Grawe & Braun, 1994) sowie von Massen der TS-Ordnung andererseits.

Letztere Masse wurden bereits im vorigen Abschnitt eingeführt. Ich verwendete das Mass "Anzahl Freiheitsgrade" (bestimmt durch Faktorenanalysen nach der O-Technik) und "Ordnung" (bestimmt nach der Formel (VI.1)). Die Freiheitsgrade wurden aus methodologischen Gründen über 30 Sitzungen hinweg ermittelt (jeweils die ersten und die abschliessenden 30 Sitzungen eines TS). Die Ordnung wurde aus je 20 Sitzungen zu Beginn und Ende jeder berechnet (s. Tab. 8.3.3).

Die hier betrachteten Therapien wurden an der psychotherapeutischen Praxisstelle der Universität Bern (Leitung Prof. K. Grawe) durchgeführt. Die dort eingesetzten Messmittel sind im Überblick in Grawe & Braun (1994) beschrieben. Folgende Variablen werden im folgenden mit den Ordnungsmassen korreliert:

1) Variablen aus Patientenstundenbögen (Itemmittelwerte und Niveaus der 4 Faktoren, die aus den Patientenstundenbögen faktorenanalytisch extrahiert werden können):

- Zufriedenheit
- Fortschritte innerhalb der Therapie
- Fortschritte ausserhalb der Therapie
- Therapiebeziehung

2) Masse der Prä-Post-Veränderung (verwendet wurden die Effektstärken, die den Outcome der untersuchten Therapien an der Gesamtgruppe aller an der psychotherapeutischen Praxisstelle evaluierten Therapien (etwa 100) normieren):

- Emotionalitätsinventar EMI-B (7 Skalen)
- Unsicherheitsfragebogen UFr (6 Skalen)
- Giessen-Test zum Selbstbild GIS (6 Skalen)
- Kontrollüberzeugungen IPC (3 Skalen)
- Symptomcheckliste SCL 90-R (9 Skalen)

3) Masse der direkten Änderungsmessung, d.h. Masse, die unmittelbar erfragen, welche Veränderung die bewirkte (Rohwerte und Effektstärken):

- Therapeutennachbefragung TNB (2 Skalen)
- Patientennachbefragung PNB (2 Skalen)
- Goal Attainment Scaling GAS (3 Skalen)
- Veränderungsfragebogen des Erlebens und Verhaltens VEV
- globale Effektstärke aller direkten Änderungsmessungen.

B) Ergebnisse

Ad 1): Der Ordnungseffekt dominiert die aus den **Patientenstundenbögen** abgeleiteten Faktoren der Prozessqualität "Zufriedenheit", "Fortschritte innerhalb der Therapie" und "Therapiebeziehung". Die genauere Analyse der einzelnen Stundenbogenitems ergibt, dass fast alle Niveaus von Stundenbogenitems, die überhaupt mit Ord-

nungsmassen korrelieren, einem Ordnungseffekt nach Tab. 8.3.4 folgen. Zwei Items weisen einen Entropieeffekt auf; diese Items laden auf den Faktor "Fortschritte ausserhalb der Therapie".

Es ist zu beachten, dass die Korrelationen der Ordnungsmasse mit den mittleren Niveaus der Items der Stundenbögen eigentlich Korrelationen zwischen abhängigen Daten darstellen, da die Ordnung aus der Kovarianz der Zeitreihen ebendieser Items hervorgeht. Dennoch stellt die *Richtung* der Korrelationen eine Information dar, die nicht vorher bereits in die Ordnungsmasse eingegangen ist; umgekehrt ist die Varianz der Zeitverläufe der Items in den Ordnungsmassen enthalten, nicht aber in den Niveaus. Die Erhebung dieser Korrelationen erscheint mir deshalb zu explorativen Zwecken zulässig und informativ zu sein.

Ad 2): Bei den Fragebögen, die die **Prä-Post-Veränderung** der Patienten betreffen, wurden Effektstärken herangezogen, die die betreffende Veränderung auf die Veränderung der Referenzgruppe beziehen.

Die **Emotionalität** nach dem EMI weist keine signifikanten Korrelationen auf. Die **Unsicherheit** nach dem UFr weist Ordnungseffekte in drei Skalen auf, die Angst und Nein-sagen-können thematisieren. Schuldgefühle dagegen folgen dem entgegengesetzten Entropieeffekt. "Fehlschlag- und Kritikangst" und "Kontaktangst" zeigen darüberhinaus einen Ordnungsbildungseffekt. Die globale Effektstärke im Giessen-Test/Selbstbild zeigt, dass eine Verbesserung des **Selbstbilds** mit Niveau und Zunahme an Ordnung korreliert (Ordnungseffekt und Ordnungsbildungseffekt). Bei den Subskalen betrifft der Ordnungseffekt die Skalen "Kontrolle", "Grundstimmung" und "Durchlässigkeit". Der Ordnungsbildungseffekt bestimmt die Subskalen "Soziale Resonanz", "Dominanz" sowie ebenso "Grundstimmung" und "Durchlässigkeit". Die **Kontrollüberzeugungen** im IPC korrelieren nicht signifikant mit Ordnungsmassen. Die Effektstärken zu **Psychopathologieskalen** im SCL 90-R zeigen dagegen viele Korrelationen, fast immer im Sinne eines Ordnungsbildungseffekts. "Zwanghaftigkeit", "Unsicherheit im Sozialkontakt" und "Depressivität" verringern sich mit der Ordnungsbildung, ausserdem SCL-Globalcores wie die mittlere Belastung und die durchschnittliche Stärke der Beschwerden. Letztere Stärkeskala weist zusätzlich eine Korrelation mit der Ordnung am Ende der Therapien (Ordnungseffekt) auf.

Ad 3): Die integrierten Effektstärken aller **direkten Veränderungsmessungen** zeigen einen Ordnungseffekt. Wie kommt dieser globale Effekt bei den direkten Änderungsmassen zustande? Die Veränderungen im Erleben und Verhalten VEV folgen einen Ordnungsbildungseffekt. Keine Signifikanzen ergeben die Veränderungen des Goal Attainment Scaling GAS. Klare Effekte gehen aber auf die Einschätzungen durch Therapeuten und Patienten zurück: die Patientennachbefragung PNB "Erwartungen erfüllt" und die Gesamteffektstärke der PNB figurieren als Ordnungseffekt, ebenso die Zufriedenheit des Therapeuten mit dem Therapieerfolg TNB1, TNB2 und Effektstärke TNB. Die erste Skala der TNB ("hat genützt") verweist ausserdem auf einen Entropiezunahmeeffekt. Beide Effekte zeigen sich auch in der

integrierten Effektstärke der TNB.

	<u>... mit Ordnungsniveau</u>	<u>... mit Ordnungszunahme</u>
Outcome korreliert positiv ...	Ordnungs-Effekt (<i>d.h. geordnete Muster sind funktional</i>): -Patientenstundenbögen -Fehlschlag- und Kritikangst (UFr1) -Kontaktangst (UFr2) -Nicht-nein-Sagen-Können (UFr4) -Kontrolle (GIS3) -Grundstimmung (GIS4) -Durchlässigkeit (GIS5) -globales Selbstbild (GIS) -durchschnittl. Stärke der Beschwerden (SCL12) -integrierte Effektstärken der direkten Veränderungs-messungen -Patientennachbefragung -Therapeutennachbefragung	Ordnungsbildungs-Effekt (<i>d.h. Musterbildung ist funktional</i>): -Fehlschlag- und Kritikangst (UFr1) -Kontaktangst (UFr2) -Zwanghaftigkeit (SCL2) -Unsicherheit im Sozialkontakt (SCL3) -Depressivität (SCL4) -SCL-Globalskalen -soziale Resonanz (GIS1) -Dominanz (GIS2) -Grundstimmung (GIS4) -Durchlässigkeit (GIS5) -globales Selbstbild (GIS) -Veränderungen im Erleben und Verhalten (VEV)
Outcome korreliert negativ ...	Entropie-Effekt (<i>d.h. Unordnung ist funktional</i>): -Schuldgefühle (UFr5) -Item 21,24 (laden auf "Fortschritte ausserhalb")	Entropiezunahme-Effekt (<i>d.h. Diversifikation ist funktional</i>): -TNB 1 -Patientenstundenbögen

Tab. 8.3.5. Übersicht: Wie korreliert die Ordnung des Therapiesystems mit Qualitätsindikatoren von Psychotherapien? Aufgeführt sind Masse, die signifikante Korrelationen aufweisen (ohne Bonferoni-Korrektur)

C) Diskussion

Die Durchsicht aller auf dem 5%-Niveau signifikanten Korrelationen ergibt die in Tab. 8.3.5 dargestellten Zusammenhänge. Auffallend ist das Übergewicht des Ordnungseffekts und Ordnungsbildungseffekts: die meisten Qualitätsindikatoren hängen also positiv mit dem Ausmass an Ordnung zusammen. Je geordneter das TS, desto besser ist die Einschätzung der durch die Patienten auf verschiedenen Skalen; desto mehr verbessert sich auch die Effektstärke der bezüglich des Selbstbilds und der Angstscores im Unsicherheitsfragebogen. Für den entgegengesetzten Effekt (Entropieeffekt) spricht lediglich die Beobachtung, dass die Verminderung von Schuldgefühlen negativ mit der Ordnung der Therapien korreliert, sowie zwei Stundenbogenitems der Patienten, die auf den Faktor "Fortschritte ausserhalb des Therapiesettings" laden.

Deutliche Befunde gibt es auch für die Bedeutung der Ordnungsveränderung (Dif-

ferenz aus Ordnung der End- und Anfangsphasen der Therapien). Der Ordnungsbildungseffekt ist hierbei am weitaus bedeutendsten: neben Effektstärken, für die auch ein Ordnungseffekt besteht, erweist sich Ordnungsbildung als funktional besonders bei Skalen der Symptomcheckliste und des Giessentests. Für die Nützlichkeit einer Entropiezunahme gibt es nur wenige Hinweise, die sich meist nicht bei mehreren Ordnungsmassen (O-Technik, Ordnung o , erklärte Varianz von Faktor 1, s. Tab. 8.3.3) konsistent ergeben.

Zusammenfassend kann man die korrelativen Zusammenhänge, die hier aufgezeigt werden, folgendermassen interpretieren: der *Therapiebeziehung* scheint fast immer eine hohe Ordnung förderlich zu sein, bzw. eine solche Ordnung spiegelt eine gute therapeutische Beziehung wider. Wenn Ängste (Fehlschlag- und Kritikangst, Angst im Sozialkontakt) in dieser Beziehung aktualisiert werden, kann zusätzlich auch eine Erhöhung der Ordnung positiv sein. Die Stabilität und Überschaubarkeit der Therapiebeziehung, die durch hohe Ordnung gegeben ist, korreliert offenbar mit der Angstbewältigung. In manchen Fällen kann die sich in der therapeutischen Allianz selbstorganisierende Prozessgestalt einem Therapieerfolg abträglich sein; dies ist deutlich bei Schuldgefühlen der Fall. Weitere sporadische Hinweise auf einen Entropie- oder Entropiezunahme-Effekt scheinen mir dagegen nicht sehr verlässlich.

Der Erfolg einer basiert neben einer hilfreichen therapeutischen Beziehung natürlich auch darauf, dass konkrete Probleme ausserhalb der bewältigt werden können. Dies hat höchstens indirekt mit einer tragenden Beziehung im therapeutischen Setting zu tun, weshalb auch der entsprechende Faktor "Fortschritte ausserhalb der Therapie" keinen positiven Zusammenhang mit der Ordnung zeigt. Im Gegenteil: die enge Allianz kann möglicherweise dem Transfer in die Lebenswelt des Patienten sogar abträglich sein. Damit kann das Ergebnis, dass zwei entsprechende Patientenstundenbogenitems mit der Diversifikation des TS korrespondieren, sinnvoll in Verbindung gebracht werden.

Alles in allem kann es auf diese Weise gelingen, die Bedeutung des Musterbildungsprozesses in Therapiesystemen zu explorieren und besser zu verstehen; dies war Ziel der korrelativ-explorativen Studien in Kapitel 8.3.3. Es ergibt sich ein eindeutiges Votum für die Wichtigkeit der TS-Ordnung und -Ordnungszunahme bei vielen unterschiedlichen Massen des Therapieerfolgs. Dieses Phänomen der Ordnung bezieht sich also offenbar auf die emergierende Prozessgestalt der Therapiebeziehung. Das Phänomen an sich — zunehmende Ordnung in einem PSS — ist nicht als a priori gut oder schlecht zu bewerten; es kommt darauf an, wie diese Beziehung eingesetzt wird. Auf dem Hintergrund der Tatsache, dass in Psychotherapien die therapeutische Allianz ein wesentliches Veränderungsgagens hin zu einem gemeinsam angestrebten positiven Ziel darstellt, lässt sich verstehen, dass die Ordnung des TS in den hier untersuchten Therapieverläufen in der Regel "gut" zu bewerten war, d.h. mit positivem Outcome zusammenhängt. Das Bewahren und Schaffen von Interaktionsordnung ist anscheinend eine Voraussetzung und ein Vehikel für Therapieerfolg.

Den inhaltlichen Zusammenhängen bei der Entstehung der therapeutischen Prozessgestalten soll im folgenden Abschnitt 8.3.4 nachgegangen werden.

8.3.4 Worauf geht die Ordnung im Therapiesystem zurück?

Die Ordnung im TS wurde in der Berner Psychotherapiestudie aus den Verläufen von multiplen Zeitreihen berechnet, die sich aus den Items des Therapeuten- und Patientenstundenbogens zusammensetzen. Ich verwendete dazu multivariate Statistiken — das Ordnungsmass o und die faktorenanalytische O-Fenster-Technik. Nachdem nun der Effekt der Musterbildung insgesamt etabliert ist (s. Abschnitt 8.3.2), und eindeutige korrelative Zusammenhänge mit Outcome-Massen gefunden wurden (s. Abschnitt 8.3.3), stellt sich die Frage, worauf genau das Phänomen der Musterbildung zurückzuführen ist. Ich verwende hier deshalb wieder univariate Masse für sequentielle Ordnung.

A) Methode

Folgende **univariate Masse für Ordnung/Entropie** wurden verwendet, um differenziert die Veränderungen der Ordnung bzw. Komplexität in 22 Psychotherapien (s. Tab. 8.3.3, jedoch ohne SPE) aus dem Berner Datensatz zu evaluieren:

Als Indikator für die univariate Ordnung wurde die algorithmische Komplexität nach Rapp et al. (1991; s. Abschnitt 6.2.1) eingesetzt. Die Rohwerte der Komplexität pro Item jeder Therapie, jeweils für die ersten 20 Sitzungen und die letzten 20 Sitzungen berechnet, sind Ausgangspunkt der Analysen. Dabei können die einzelnen Items der Stundenbögen je getrennt für sich (über die Therapien hinweg) betrachtet werden; Ergebnismass ist die mittlere Veränderung im Vergleich von Therapieanfang und -ende. Abschliessend konnte für jedes Item ein t -Test für abhängige Daten über die $N=22$ Therapien hinweg gerechnet werden, der die Richtung und eventuelle Signifikanz der Komplexitätsänderung auf Itemebene indiziert.

Zusätzlich wurden noch **Bootstraptests** der algorithmischen Komplexität gegen Surrogate zufälliger Sequentialität (vgl. Abschnitt 6.2.1 und 8.2.1) gerechnet, sowie die Varianz der Einzelzeitreihen als einfaches Mass der Entropie (vgl. Abschnitt 6.2.1: die Determinante der Varianz-Kovarianzmatrix kann als generalisierte Varianz angesehen werden, und ist proportional zur multivariaten Entropie). Hier führte ich dasselbe Verfahren wie eben bei den Rohwerten der algorithmischen Komplexität durch (paarweise t -Tests zum Vergleich Anfang vs. Ende der Therapien, einzeln für jedes Item über 22 Fälle). Die Ergebnisse über alle 22 Therapien hinweg sind in Tab. 8.3.6 zusammengefasst.

B) Ergebnisse

- 1.) Die Ergebnistabelle 8.3.6 zeigt, dass die Komplexität in 25 Items im Mittel abnimmt, in lediglich 7 Items zunimmt. Dies spiegelt das multivariate Ergebnis einer Komplexitätsreduktion wider (ein Ergebnis aus Abschnitt 8.3.2). Signifikante Zunahmen gibt es nur bei zwei Items, die vom Therapeuten eingeschätzt werden. Sie

betreffen interessanterweise zwei recht ähnliche Aspekte der Therapie: "Patient ist entschlossen, Probleme anzupacken", sowie "Patient setzt sich selbständig mit Problemen auseinander".

Item Nr.	Inhalt des Items	Item lädt auf Faktor...	algorith. Komplexität	Bootstrapeffekt mass	Varianz
Th1	Pt bringt vor, was ihn wirklich bewegt	Sicherh. im th Vorgehen	-	+	++
Th2	Pt entschlossen, Probl. anzupacken		++	--	+++
Th3	Pt hält mein Vorgehen für ungeeignet	Sicherh. im th Vorgehen	-	+	+
Th4	Pt wehrt sich gegen Veränderung	Pos. Zusammenarbeit	---	+++	+
Th5	Ich fühle mich unsicher gegenüber Pt	Sicherh. im th Vorgehen	---	++	-
Th6	Pt findet meine Sicht zu einfach	Sicherh. im th Vorgehen	-	-	++
Th7	Ich kann dem Pt gegenüber offen sein		+	-	+
Th8	Ich werde dem Pt nicht gerecht	Sicherh. im th Vorgehen	-	-	+
Th9	Problemsichten klaffen auseinander	pos. Zusammenarbeit	-	+	-
Th10	Pt akzeptiert Forschungsprozeduren		-	+	+
Th11	Pt setzt sich mit Probl. auseinander	pos. Zusammenarbeit	++	+	+
Th12	Pt interaktionell sehr schwierig	pos. Zusammenarbeit	-	+	+
Th13	Pt arbeitet zw. Sitzungen intensiv	pos. Zusammenarbeit	+	-	++
Th14	Ich bin sicher über Schritte zum Ziel	Sicherh. im th Vorgehen	-	+	+
Pt1	Fühlte mich wohl in Beziehg zum Th	Qualität d. Beziehung	0	+	+
Pt3	Lösung für Probleme heute klarer	Fortschr. innerh. Therapie	-	-	-
Pt5	Th müsste m. Gefühle mehr beachten	Zufried. mit Therapie	---	+	-
Pt6	Th denkt anders über mich als er sagt	Qualität d. Beziehung	-	+	+
Pt7	Therapieziele heute ziemlich unklar	Zufried. mit Therapie	--	+	+
Pt10	Heute wirklich vorwärts gekommen	Fortschr. innerh. Therapie	-	-	+
Pt12	Unklar warum Th so vorgeht	Zufried. mit Therapie	--	+	+
Pt13	Entschlossen, Probleme anzupacken	Fortschr. innerh. Therapie	--	+	+
Pt15	anderes th Vorgehen wäre besser	Zufried. mit Therapie	+	-	+
Pt17	Wünsche mehr Ratschläge vom Th	Zufried. mit Therapie	---	+	-
Pt18	Verstehe mich und Probleme besser	Fortschr. ausserhalb Therapie	--	+	--
Pt22	Th Sicht meiner Probleme zu einfach	Qualität d. Beziehung	---	-	+
Pt23	Th machte unsicheren Eindruck	Qualität d. Beziehung	---	+	-
Pt24	Bin Situationen besser gewachsen	Fortschr. ausserhalb Therapie	+	-	-
Pt25	In Th fehlte klare Linie	Zufried. mit Therapie	--	+	+
Pt26	Kann Probleme zunehmend selbst lösen	Fortschr. ausserhalb Therapie	-	-	-
Pt27	Th zu sehr von eigener Sicht ausgegangen	Zufried. mit Therapie	-	-	-
Pt28	Ohne th Unterstützung hilflos		+	+	+
Pt29	Zus.hänge heute neu klar geworden	Fortschr. innerh. Therapie	---	+	-

Tab. 8.3.6. Komplexitätsveränderungen auf der Ebene einzelner Items der Stundenbögen. Vergleich Anfang vs. Ende der Therapien jeweils aufgrund von paarweisen *t*-Tests. +(-): Zu(Ab-)nahme gegen Therapieende hin; ++(- -): 5%-signifikante Zu (Ab-)nahme gegen Therapieende hin; +++ (- - -): 1%-signifikante Zu(Ab-)nahme gegen Therapieende hin

- 2.) Das Bootstrappmass ist bei 21 Items gegen Ende der hin durchschnittlich grösser, bei 12 Items kleiner. Dies erweitert und stützt das erstgenannte Ergebnis, weil die Veränderung der Bootstrappmasse zur algorithmischen Komplexität nicht unbedingt mit der Veränderung der *mittleren* algorithmischen Komplexitäten korrelieren muss (es kommt etwa — wie in Item "Therapeut 8" — vor, dass die Komplexität im Schnitt etwas abnimmt (Komplexität –), diese verminderte Komplexität jedoch dennoch weniger deutlicher vom Zufall unterschieden werden kann (Bootstrappmass –)). Die entsprechende Spalten in Tab. 8.3.6 sprechen jeweils einen anderen Aspekt der univariaten Ordnung der Stundenbogenitems an.

- 3.) Die Varianz hingegen nimmt in 22 Items zu, in 11 Items ab. Das heisst, das Ankreuzverhalten (wie man sieht, besonders das der Therapeuten) zeigt am Ende der Therapien eine höhere Variationsbreite als zu Beginn. Dies sollte in der Regel eine höhere Komplexität erlauben, d.h. Ergebnis 1.) und 2.) zuwiderlaufen! Dass dies nicht der Fall ist, liegt daran, dass die Komplexitätsschätzungen auf Basis der algorithmischen Komplexität *sequentielle Muster* erfassen. Die Varianz kann eher als ein Mass der potentiellen Entropie angesehen werden; die effektiv in Sequenzen übernommene reale Komplexität ist durch die Spalte "Komplexität" ausgedrückt. Man muss dies auch in Zusammenhang mit der differentiellen Zunahme der multivariaten potentiellen Entropie speziell bei heuristischen Psychotherapien sehen.

Die Zunahme der mittleren Varianz spricht im übrigen ebenfalls gegen eine mögliche Alternativerklärung für das Komplexitätsreduktionsphänomen, aufgrund der eine zunehmende Antwortstereotypie im Ausfüllen der Stundenbögen zur Abnahme an Komplexität führt, oder diese gar auf Decken- oder Bodeneffekte der Items der Stundenbögen zurückzuführen wäre.

8.3.5 Zusammenfassende Diskussion der Prozessstudien zur Psychotherapie

Die explorative Erkundung dessen, was Ordnung und Ordnungsänderung in Psychotherapien bedeutet, führt mich zur Annahme eines wechselseitigen Zusammenhangs zwischen Therapieform, Therapiebeziehung und Outcome. Dieser Zusammenhang ist kompliziert und in vielen Studien untersucht (Orlinsky et al., 1994). Die hier dargestellten Überlegungen beziehen sich auf den speziellen Aspekt der Ordnung im TS, was nach meiner Ansicht die Diskussion zu Prozess-Outcome-Zusammenhängen sinnvoll erweitert. Es ist dabei wichtig zu beachten, dass Korrelationen keine Aussagen über kausale Richtungen machen.

Im folgenden möchte ich die gesichert erscheinenden Zusammenhänge kurz rekapitulieren:

- Ich stellte aus theoretischen Gründen die Ordnung/Komplexität des Therapiesystems (TS-Ordnung) in das Zentrum meiner Beschäftigung mit Therapieprozess und Outcome. TS-Ordnung ist eine unspezifische Variable, über die global gesagt werden kann, dass sie in der untersuchten Stichprobe von 28 Therapien hochsignifikant zunimmt. Wie übrigens an mehreren Beispielen in Kapitel 8 gezeigt werden

kann, findet sich *Ordnungszunahme* in vielen Interaktionszusammenhängen, nicht nur in solchen therapeutischer Art.

- Ungeachtet dessen kann die Varianz einzelner Komponenten des TS sich durchaus auch erhöhen: hierin drückt sich eine Ausweitung des Verhaltensspielraums in der therapeutischen Beziehung aus. Diese *potentielle Entropie* erweitert sich besonders bei klärungsorientierter (HPT) und ist besonders deutlich bei Items des Therapeutenstundenbogens, also aus Sicht der Therapeuten, präsent.

- Die Erhöhung der TS-Ordnung geht zurück auf viele Aspekte, die mit der Enge und *Qualität der therapeutischen Beziehung* zu tun haben. Als Gegenprobe zur Ordnungszunahme finden sich nur zwei Items in den Stundenbögen, deren *Komplexität* signifikant zunimmt — sie beziehen sich auf die Problembewältigung des Patienten. Dies ist kompatibel zum Ergebnis von Abschnitt 8.3.3, wonach zwei Patientenstundenbogenitems des Faktors "Fortschritte ausserhalb der Therapie" einen von der Regel abweichenden Entropieeffekt zeigten. TS-Ordnung reflektiert also die Therapiebeziehung; TS-Entropie bezieht sich eher auf die Umsetzung in die aussertherapeutische Lebenswelt.

- TS-Ordnung hängt mit einer Reihe von Effektstärken des Therapieoutcomes zusammen, in der Regel in positiver Korrelation, aber nicht immer. *TS-Ordnung wirkt* daher *differentiell* auf die Ergebnisqualität von Psychotherapien. Folgende Erklärung hierfür scheint mir plausibel zu sein: Geht man davon aus, dass sich die Problemkonstellation in der Beziehung zum Therapeuten in irgendeiner Weise rein-senziert, kann man zwischen Problemen unterscheiden, die in einer engen Beziehung qua Beziehung verbessert werden können (z.B. Angst) und anderen, die in einer engen Beziehung fixiert oder verstärkt werden können (z.B. Schuld; Probleme beim Transfer von Therapieergebnissen in den Alltag).

Entsprechend gibt es zwei Klassen von Interventionsformen, die zur TS-Ordnung in Beziehung stehen, und die in verschiedenen Problemkonstellationen und verschiedenen Stadien des Therapieprozesses differentiell einzusetzen wären: Mitgehen (Pacing) und Verstören/Konfrontieren. Mitgehen erhöht die TS-Ordnung, Verstören reduziert sie. Mögliche Folgerungen für die Anwendung sollen in Abschnitt 9.3 weiter diskutiert werden.

8.4 Dynamik in psychosozialen Systemen

In der heutigen Sozialpsychologie spielt die Dimension Zeit eine untergeordnete Rolle. Die Orientierung an einer speziellen Form der Fragestellung und Datenanalyse im Rahmen des inferenzstatistischen Querschnittsvergleichs führte dazu, dass der Mainstream der Sozialpsychologie mit der dynamischen Perspektive, die sich gesamtwissenschaftlich mehr und mehr etabliert, nicht viel anzufangen weiss. Über der Suche nach Gesetzen, die das Verhalten und Erleben des Individuums im sozialen Kontext allgemein bestimmen sollen, wurde die Aufdeckung der dynamischen

Gesetzlichkeiten und Muster, die aus dem Verhaltensstrom von Individuen und sozialen Aggregaten evolvieren, weitgehend vernachlässigt.

In der Sozialpsychologie — als dezidiert psychologischer Disziplin — wird auf das Verhalten und Erleben des einzelnen Individuums in seinem sozialen Kontext fokussiert. Unter einer systemtheoretischen Perspektive scheint es aber ebenso möglich, ja oft näher zu relevanten Fragestellungen zu sein, ein soziales Aggregat (etwa eine Dyade oder eine Gruppe) zu untersuchen. Obwohl der Agent, dessen Verhalten betrachtet wird, nun nicht mehr eine einzelne Person ist, sind doch die Wechselwirkungen in diesem psychosozialen System von sozialpsychologischer Natur. Die Zuordnung eines solchen systemorientierten Vorgehens zur Sozialpsychologie ist also gerechtfertigt, ja geboten.

Ein weiteres Kennzeichen und Problem dieser Disziplin ist die Fragmentierung in Teilgebiete, die unscharf definiert und überlappend sind. Theorien haben oft eine geringe Anwendungsbreite innerhalb solcher Domänen, und werden kaum zu einer übergreifenden theoretischen Gesamtsicht integriert. Sozialpsychologie ist in dieser Hinsicht eine vorparadigmatische Wissenschaft (Vallacher & Nowak, 1994).

Angesichts dieser Situation stehen meiner Meinung nach zwei Entwicklungen, ja Neuorientierungen in der Sozialpsychologie an: zum einen ist die Prozesshaftigkeit von Systemen, die hier untersucht werden, in Form einer sozialpsychologischen Dynamik in Betracht zu ziehen; zum anderen bietet sich die Theorie dynamischer Systeme und die Selbstorganisationstheorie als eine interdisziplinäre Metatheorie an, um der Fragmentierung dieser psychologischen Disziplin entgegenzuwirken. Dabei ist ein solches Forschungsprogramm der Sozialpsychologie durchaus nicht fremd: man denke nur an Kurt Lewins (1936) Projekt einer topologischen Psychologie, die sowohl dem dynamisch-systemorientierten Ansatz als auch dem Aspekt der gestalthaften Selbstorganisation Rechnung trug. Die von mir vertretene Theorie der Prozessgestalten kann, wie oben gezeigt wurde, in Weiterentwicklung Lewinscher Begriffe erfolgen. In diese Richtung ging nun auch unser Versuch (Tschacher et al., 1990; Brunner & Tschacher, 1991; Tschacher & Brunner, 1992; Tschacher & Brunner, 1995), Gruppenbildung theoretisch als einen Emergenzprozess innerhalb eines selbstorganisierten PSS zu konzeptualisieren.

Eine Gruppe (bzw. eine Dyade) als ein selbstorganisiertes System kann man folgendermassen bestimmen (Tschacher, 1990):

Gruppendynamik ist durch *rekursive Kausalzusammenhänge* geprägt, mithin nichtlinear (ein Beispiel: in einer Gruppe nehmen sich Mitglieder gegenseitig wahr, und handeln entsprechend; es entsteht ein kompliziertes rekursives Netzwerk von wechselseitigen sozialen Kognitionen und Verhaltenweisen, das in der Regel auf eine geordnete Form sozialer Differenzierung hinausläuft). Zugleich ist auch das Gruppenverhalten *nichtlinear* in Bezug auf seine Umwelt, insofern als es zu plötzlichen Phasenübergängen und Bifurkationen kommen kann, bei der (u.U. kleine) Veränderungen der Gruppenumwelt zu qualitativen Änderungen der Gruppendynamik führen (in Psychotherapien z.B. wird oft beobachtet, wie kleine Ereignisse zu einer plötzlichen Neustrukturierung eines Problems führen und die therapeutische Beziehung

nachhaltig verändern). Gruppen können also kohärente *Muster* spontan, aus sich selbst heraus ausbilden.

Die Selbstorganisationstheorie und Synergetik (Haken, 1990) betrachtet solche selbstinitiierten Muster- und Ordnungsbildungen in einer speziellen Klasse von Systemen: es zeigt sich, dass gerade komplexe Systeme mit vielen Freiheitsgraden, die in ständigem Austausch mit ihrer Umwelt stehen, in der Lage sind, eine geordnete und einfache (mit wenigen Freiheitsgraden ausgestattete) Gleichgewichtsdynamik zu erzeugen. Dies erscheint mir aus sozialpsychologischer Perspektive auch in Bezug auf Gruppen plausibel: Gruppen sind (z.B. bezüglich Kommunikation und Information) *offene* sowie *komplexe* Systeme (betrachtet man etwa die grosse Anzahl von Kognitionen, Emotionen, kommunikativen Akten, die in einer Gruppe "ablaufen"). Gruppendynamik als beobachtbares, "makroskopisches" Verhalten erwächst insofern aus einer komplexen Mikroebene (s. die Postulate in Kapitel 6).

Diese Konzeptualisierung führt damit zu einer Reihe von Hypothesen (betreffend etwa die Phasenübergänge, die vorausgesagte Reduktion von Freiheitsgraden und die makroskopischen Gleichgewichte), die anhand der Dynamik von Gruppen geprüft werden können. Voraussetzung dafür ist, dass Werkzeuge zur Modellierung von Gruppendynamik sowie geeignete empirische Zeitreihen zur Verfügung stehen. Hier sehe ich — neben der Beachtung der Zeit und der Bereitstellung einer metatheoretischen Basis — einen weiteren Nutzen der Theorie dynamischer Systeme für die Sozialpsychologie, da aus der TDS eine Palette innovativer Methoden zur Datenreduktion hervorgehen können (Scheier & Tschacher, 1994a). Dies gilt auch für Simulationsansätze, die so inspiriert werden (Nowak et al., 1990).

Ein psychosoziales System (PSS) wird, entsprechend den Ausführungen in vorangegangenen Kapiteln, also als ein hierarchisch gestuftes Mehrebenensystem angesehen, dessen Substrat eine komplexe Mikroebene ist (psychosoziale "Verhaltenskerne"); bei Selbstorganisation evolvieren aus der Mikroebene "Ordnungsparameter" im Sinne der Synergetik, so dass eine Ebene makroskopischer Variablen entsteht. Diese Prozessgestalten können sich als Gruppenstruktur, -kultur, Rollen und Positionen, Wir-Gefühl, Rituale manifestieren (Gehm, 1995). Dieses System ist eingehüllt in die Ensemble-Valenzen, die Einflüsse der Umwelt (einer Hülle aus Quellen von Nichtgleichgewicht) in das System hineintragen; diese Einflüsse sind bei Selbstorganisation als unspezifische und nichtlineare Einwirkung auf ein eigenaktives PSS anzusehen.

Die Vielgliedrigkeit dieses Modells macht es erforderlich, einzelne Teilbereiche für sich zu analysieren, so z.B. die Frage von Phasenübergängen in der Selbstorganisation (die Studie in Abschnitt 8.4.1) oder die Reduktion von Freiheitsgraden (s. Abschnitt 8.3.2). Die Studien, auf die ich mich in Kapitel 8.4 beziehe, erhalten auf diese Weise einen "theoretischen Ort", wie die folgende Übersicht zeigt:

- Studie 8.4.1: SYMLOG-Untersuchung an einer studentischen Seminargruppe (Phasenübergänge und Musterbildung in der Gruppenentwicklung)
- Studie 8.4.2: Analyse eines Paarsystems (Strukturmodell der Interaktionen mit der Zustandsraum-Methode)

- Studie 8.4.3: Studie einer Triade aus zwei Patienten und einem teilnehmenden Beobachter (Zustandsraum-Modellierung)

- Studie 8.4.4: Analyse eines Paarsystems (Zustandsraum-Modellierung; nichtlineares forecasting; Problematisierung der Linearität der multiplen Zeitreihenanalyse)

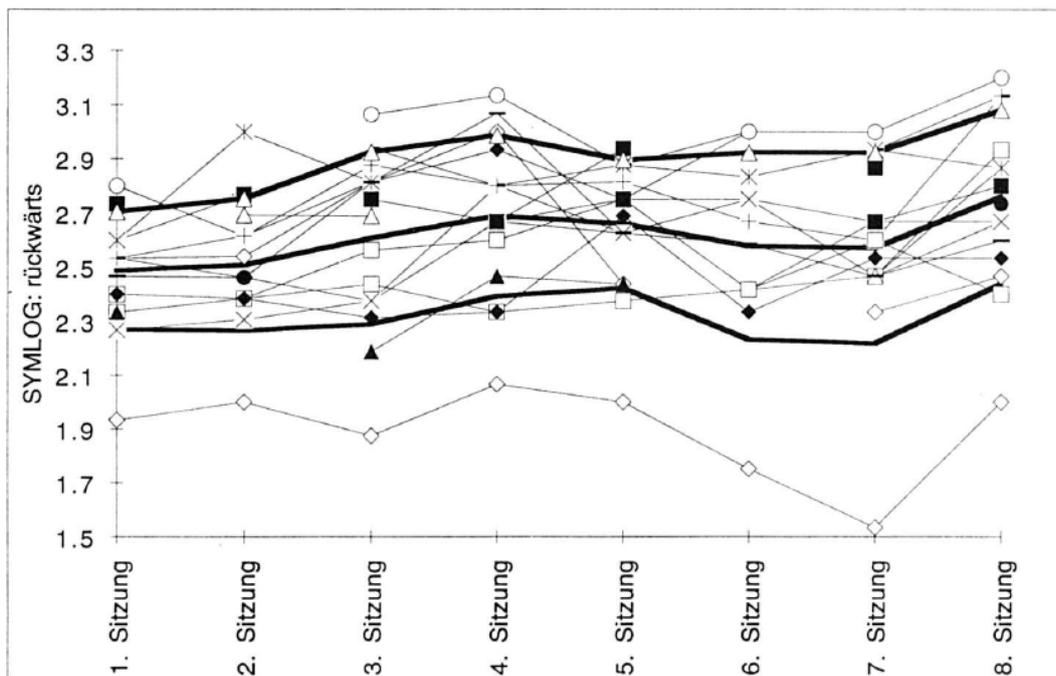
Die SYMLOG-Untersuchung untersucht also eine Entwicklung; sie basiert auf nichtstationären Zeitreihen. Die anderen Studien betreffen stationäre Systeme, deren jeweils spezifisches dynamisches Gleichgewicht ("Attraktor") beschrieben wird.

8.4.1 Studie zur Gruppenentwicklung

Diese Studie untersucht die Existenzbehauptung, dass bei Gruppenprozessen Phasenübergänge auftreten, die mit der (sprunghaft bzw. phasenhaft) sich vollziehenden sozialen Ausdifferenzierung einhergehen. Dabei gingen wir in einer empirischen Studie an der Universität Tübingen (Brunner et al., 1994) von der Annahme aus, dass sich ein Gruppenentwicklungsprozess über die (sich wandelnden) Muster der gegenseitigen Wahrnehmung abbilden lässt.

A) Methode

Eine Gruppe von 17 Studenten und Studentinnen, die an einem universitären Seminar teilnahmen, wurden über den Verlauf eines Semesters hinweg angehalten, sich gegenseitig mit Hilfe einer Kurzform des SYMLOG-Adjektiv-Ratingbogens (nach Fassheber et al., 1990) einzuschätzen. Das Vorgehen ist detailliert in Brunner et al. (1994) beschrieben.



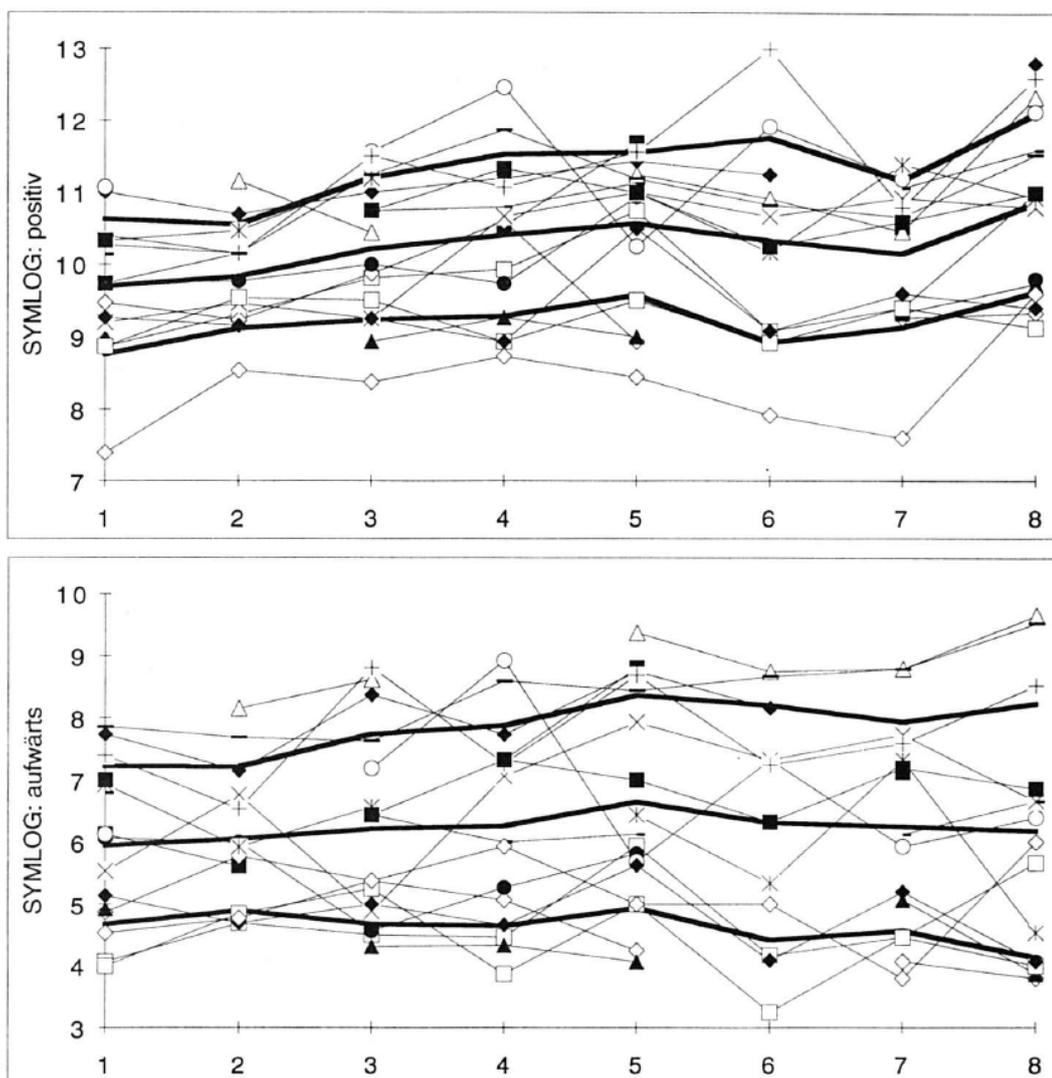


Abb. 8.4.1a,b,c. Ratings von Studierenden eines Hochschulseminars im Verlauf von 8 (von insgesamt 12) Seminarsitzungen. Dargestellt sind die Durchschnittswerte der 17 Seminarteilnehmer in Bezug auf das Rating der SYMLOG-Richtung B ("rückwärts"), P ("positiv, freundlich") und U ("aufwärts"). — Eine unterbrochene Linie (bzw. das Fehlen eines Graphs) zeigt an, dass der Proband in der betreffenden Sitzung nicht anwesend war. Fett: Mittelwerte und "Mittelwert \pm 1 Standardabweichung"

Die SYMLOG-Methode wird in der Regel eingesetzt, um die Struktur einer Gruppe zu erfassen (Bales & Cohen, 1982). Wir verwendeten die Methode, um eine Abbildung eines Gruppenentwicklungsprozesses zu erlangen. Dazu wurden an acht von 12 Gruppenterminen Datenerhebungen durchgeführt, die jeweils ein differenziertes Bild der Gruppenmitglieder auf drei Dimensionen mit je zwei Richtungen ergeben: U (aufwärts, einflussnehmend) und D (abwärts, auf Einfluss verzichtend); P (positiv: freundlich) und N (negativ: unfreundlich); F (vorwärts: zielgerichtet, kontrolliert) und B (rückwärts: gefühlsbestimmt, ausdrucksvoll). Abb. 8.4.1 zeigt als Bei-

spiel den Verlauf der SYMLOG-Richtungen B, P und U für alle Gruppenteilnehmer.

Die Erhebungsmethode der SYMLOG-Kurzform ist nicht unproblematisch. Es werden aus neun erhobenen SYMLOG-Items die Variablen (U, D, P, N, F, B) geschätzt, wobei die Items in jeweils unterschiedlicher Kombination summiert die Variablenschätzwerte ergeben. Dadurch sind die Variablen voneinander abhängig. Zunächst versuchte ich deshalb, die sich ergebenden Datenmatrizen mittels Faktorenanalysen zu komprimieren und zu beschreiben.

Zur Klärung von Niveauunterschieden zwischen den Sitzungen verwendete ich Varianzanalysen mit Messwiederholungen. Die Varianzanalysen berücksichtigen allerdings nur die Werte der sieben regelmässig anwesenden Teilnehmer. Zur Prüfung der Lokalisation der Effekte setzte ich *t*-Tests ein, die die Unterschiede jeweils aufeinanderfolgender Erhebungen bei allen zu beiden Terminen anwesenden Personen analysieren lassen.

Weiterhin testete ich auch die Verteilungen der Daten auf allen Dimensionen für die acht Gruppentermine mit Hilfe der Kolmogorov-Smirnov-Statistik. Die Analyse der Verteilungen basiert auf den Mittelwerten aller jeweils anwesenden Gruppenmitglieder; wobei diese Mittelwerte Einschätzungen einer Person bezüglich einer Richtung durch alle Gruppenmitglieder sind. Die Annahme ist hier, dass in einer sich organisierenden Gruppenstruktur die Merkmale ihrer Mitglieder *nicht* normalverteilt bleiben (sondern z.B. bimodal als Zeichen der evolvierenden Binnenstruktur der Gruppe). Ich berechnete die Lilliefors-Wahrscheinlichkeit, da diese die Normalverteilungsannahme unabhängig von der absoluten Grösse und Skalierung der Daten prüft.

B) Ergebnisse

Die Faktorenanalysen der Rohdaten (17 Gruppenteilnehmer mit je 6 Variablenwerten) können durch die Q-Technik und die R-Technik erfolgen. Bei der Q-Technik werden die Korrelationen zwischen den Versuchspersonen faktorisiert; es ergeben sich *Personenfaktoren* zu jeder Gruppensitzung. Die R-Technik faktorisiert die Korrelationen zwischen den 6 SYMLOG-Variablen, woraus *SYMLOG-Merkmalisfaktoren* resultieren. Die Faktoren dieser Analysen sind in Abb. 8.4.2 im zeitlichen Verlauf, d.h. pro Gruppensitzung, dargestellt.

Die Q-Analysen zeigen, dass die Rohdaten stark voneinander abhängig sind, denn es ergibt sich in der Regel nur ein einziger Personenfaktor, der knapp 90% der Varianz aufklärt. Dieser Faktor ist recht stabil über alle Sitzungen hinweg. Diese Tatsache gibt keine Hinweise darauf, dass sich verschiedene Rollen innerhalb dieser Gruppe entwickelten.

Auch die Merkmalsfaktoren deuten auf eine recht niedrigdimensionale, ja undifferenzierte Datenbasis hin. In den ersten Sitzungen lässt sich die Gruppenstruktur durch nur zwei Merkmalsfaktoren sehr gut beschreiben (>90% erklärte Varianz). Im Verlauf der Gruppenentwicklung wächst der erste durch die Hauptkomponentenanalyse ausgezogene Faktor deutlich an, während der Eigenwert des zweiten Merkmalsfak-

tors auf Werte <1 abfällt, d.h. die Daten nicht mehr komprimiert. Man kann also beobachten, dass die Dimensionalität des SYMLOG-Raums dieser Gruppe schon zu Beginn niedrig ist und nicht drei (bzw. sechs Freiheitsgrade) besitzt, wie durch die Anzahl der SYMLOG-Dimensionen (bzw. Richtungen) theoretisch nahegelegt wird. Interessanterweise nimmt die Dimensionalität im Zug der Gruppenentwicklung weiter ab. Diese Tendenz zur Abnahme der Freiheitsgrade ist bereits in Abschnitten 8.3.1 (Weinheimstudie) und 8.3.2 (Berner Psychotherapiestudie) aufgefallen, und kann hier wie dort als **Zeichen eines selbstorganisierenden Systems** diskutiert werden.

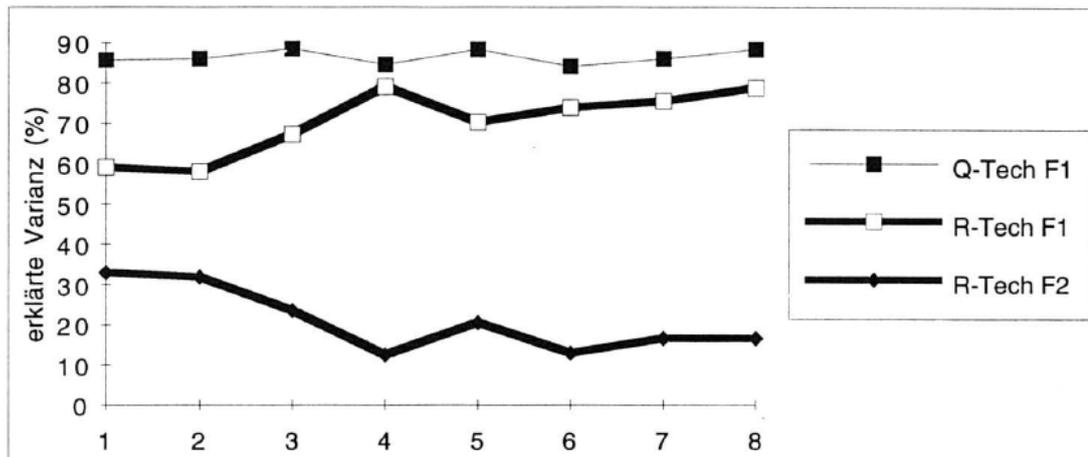


Abb. 8.4.2. Erklärte Varianz des Personenfaktors (Q-Tech) und der Merkmalsfaktoren (R-Tech) der SYMLOG-Gruppenstudie

Die Varianzanalysen weisen eine zeitliche Entwicklung der Gruppe bezüglich zweier SYMLOG-Richtungen auf: bei den positiv-Werten P ($F = 4.53$; $p < 0.001$ bei $df=7$) und bei den rückwärts-Werten B ($F = 2.89$; $p < 0.05$ bei $df=7$). Die Einflussnahme-Dimension "abwärts" D zeigt eine trendmässige Veränderung des Gruppenbildes. Unterschiede von Sitzung zu Sitzung (Test durch paarweise t -Tests) traten auf zwischen der 3. und 4. Erhebung (rückwärts), der 5. und 6. Erhebung (vorwärts und aufwärts) sowie der 7. und 8. Erhebung (rückwärts und positiv). Eine Überprüfung der Voraussetzung der Varianzhomogenität ergibt, dass die Varianzen bei allen Variablen im Laufe der Zeit zunehmen. In einigen Fällen ist die F -Statistik zur Prüfung von Varianzunterschieden auf dem 5%-Niveau signifikant, wie etwa bei den aufwärts-Daten (Abb. 8.4.1c). Da Varianzanalysen in der Regel gegen Verletzungen der Varianzhomogenität robust sind (Bortz, 1993), wurde dennoch auf die infragekommene Verwendung nichtparametrischer Verfahren verzichtet.

Die Abweichungen von der Nullhypothese "Normalverteilung" (Kolmogorov-Smirnov-Statistiken) finden sich vorwiegend in der zweiten Hälfte des Gruppenprozesses, insbesondere auf den Dimensionen positiv/negativ und vorwärts/rückwärts: hier weichen jeweils die 5. und die 7. erhobene Gruppensitzung von der Norm ab. Der 4. Gruppentermin ist bei der negativ-Richtung auffällig (jeweils Lilliefors $p < 0.05$).

C) Diskussion

Wir haben die wahrgenommenen Wandlungen der Gruppenstruktur als SYMLOG-Scores operationalisiert und können somit den Entwicklungsprozess, den diese Gruppe durchläuft, lokalisieren und beschreiben. Veränderungsprozesse zeigen sich besonders in der positiv-emotionalen Richtung P und in der Dimension der Aufgabenorientierung (Richtung B) der Gruppe. Dass sich eine "Binnendifferenzierung der Gruppe" herauskristallisiert, ist das Fazit aus Studie i in Tschacher & Brunner (1995). So kann man bei der varianzanalytisch belegten Veränderung der positiv-Werte (Abb. 8.4.1b) erkennen, wie sich gegen Ende des Gruppenprozesses eine zweigipflige Struktur bildet, d.h. eine eher "positive" und eine eher wenig "positive" Subgruppe. Dafür spricht auch die Beobachtung, dass die Varianz aller Variablen im Zuge der Gruppenentwicklung zunimmt, d.h. dass die gruppenrelevanten Eigenschaften der Gruppenmitglieder breiter streuen.

In eine andere Richtung scheint das Ergebnis der Hauptkomponentenanalysen zu weisen. Die Personenfaktoren bleiben über die Zeit konstant, was gegen eine Diversifizierung der Gruppe in unterschiedliche Rollen spricht. Weiterhin findet sich bei Anwendung der Q-Technik durchwegs nur ein einziger bedeutsamer Personenfaktor, der an die 90% der Varianz erklärt. Mit anderen Worten, es gibt — zumindest nach der sozialen Wahrnehmung der Gruppenmitglieder selbst und bei Verwendung der SYMLOG-Kurzform — keine unterschiedlichen Rollenzuweisungen in dieser Gruppe. Faktorisiert man die Gruppendaten mit der R-Technik, zeigt sich tendenziell eine Abnahme der Anzahl an Merkmalsfaktoren im Laufe der Erhebungen. Diese Entwicklung ist gewissermassen zu einer Diversifizierung gegenläufig; die Verwendung des SYMLOG-Instruments wird zunehmend "eindimensionaler". □ Dies kann daran liegen, dass sich die Messcharakteristika des SYMLOG-Instruments im Laufe seiner Verwendung verschoben haben, oder dass die wahrgenommene Gruppenstruktur tatsächlich niedrigerdimensional wurde. Letztere Interpretation wäre kompatibel mit einer Vereinfachung des Systems durch Selbstorganisation.

Gab es nun eine zunehmende Binnendifferenzierung in dieser Gruppe oder nicht? Die Streuungen aller Variablen nehmen zu, die Niveaus verändern sich bei zwei Variablen, und die Dimensionalität der Variablen wird niedriger — diese Ergebnisse sind m.E. nur scheinbar widersprüchlich. Die Varianzen können als Indikator für die "potentielle Entropie" (Banerjee et al., 1990) des Gruppensystems genommen werden; diese nimmt offenbar zu. Die Faktorenanalysen betrachten dagegen die Kovariation der Variablen; diese weist darauf hin, dass die realisierte Ordnung des Systems ebenfalls zugenommen hat. In dieser Hinsicht sind die Ergebnisse der SYMLOG-Studie zu denen der Berner Psychotherapiestudie (Abschnitt 8.3.2) analog: auch dort ergab sich eine Erhöhung der potentiellen Entropie bei einer gleichzeitigen Erhöhung des an dieser potentiellen Entropie normierten Ordnungsmasses o . Weitere Studien könnten daher diese auffallende Übereinstimmung prüfen, die in Form einer Arbeitshypothese formuliert lautet:

Die Selbstorganisation von PSS ist charakterisiert durch eine Erweiterung der potentiellen Entropie bei gleichzeitiger Ordnungszunahme.

Die Frage nach dem Vorhandensein von Phasenübergängen ist mit dem vorliegenden Datensatz dagegen nicht abschliessend zu beantworten.

8.4.2 Analyse eines Paarsystems

Diese Untersuchung an einem Paar ist deskriptiver Natur. Es wird versucht, die spezielle Form eines stationären Gleichgewichtszustands zu modellieren, und vorausgesetzt, dass die gemeinsame Dynamik des Paares im Versuchszeitraum keine Phasenübergänge aufweist.

A) Methode

Die Befindlichkeit eines Paares wurde via Selbsteinschätzung retrospektiv und mit einem Tagebuchverfahren erhoben. Sowohl die Frau (30 J., Studentin) als auch ihr gleichaltriger Lebenspartner führten dreimal pro Tag und unabhängig voneinander eine Einschätzung ihrer jeweils eigenen Spannung, Aktivität und Stimmung auf 16-stufigen Skalen durch. Die Daten von 16 aufeinanderfolgenden Tagen (d.h. 48 Zeitreihenpunkte) wurden analysiert.

Zur Modellierung der Zeitreihe (die aus 6 Variablen besteht) wurde eine Markov- bzw. Statespace-Repräsentation berechnet (s. Abschnitt 3.1.1). Dieses Zeitreihenmodell ermöglicht eine in ein allgemeines ARMA-Modell überführbare, kompakte Beschreibung multipler Zeitreihen. Man erhält erneut ein lineares Modell der Interaktionen zwischen den Variablen, die kausal (als Regression von $t-1$ auf t) interpretiert werden können. Aus den Residualkorrelationen gehen zusätzlich die verbleibenden "gleichzeitigen" Korrelationen zwischen Variablen hervor.

B) Ergebnisse und Diskussion

Die Zeitreihen sind stationär nach Dickey et al. (1986). Das Zustandsraum-Modell der Paar-Daten ist in Abb. 8.4.3 dargestellt: Abb. 8.4.3 zeigt schematisch die signifikanten Interaktionen des Kausalmodells der Paardynamik, das als eine (lineare) Beschreibung des Gleichgewichtssystems des Paares angesehen werden kann. Inhaltlich gesehen beruht die Befindlichkeit des Paares stark auf der Variable "Spannung" der Frau, von der fast alle signifikanten Kausalwirkungen im System ausgehen. Die Kopplung zwischen den Partnern besteht in der positiven Wirkung der Spannung der Frau auf die Stimmung des Mannes. Die Komplementarität in der Paardynamik kommt zugleich in der ambivalenten Bedeutung der Stimmung der Frau zum Vor-

schein: Die Spannung der Frau erhöht die Stimmung des Mannes, reduziert jedoch die Stimmung der Frau selbst.

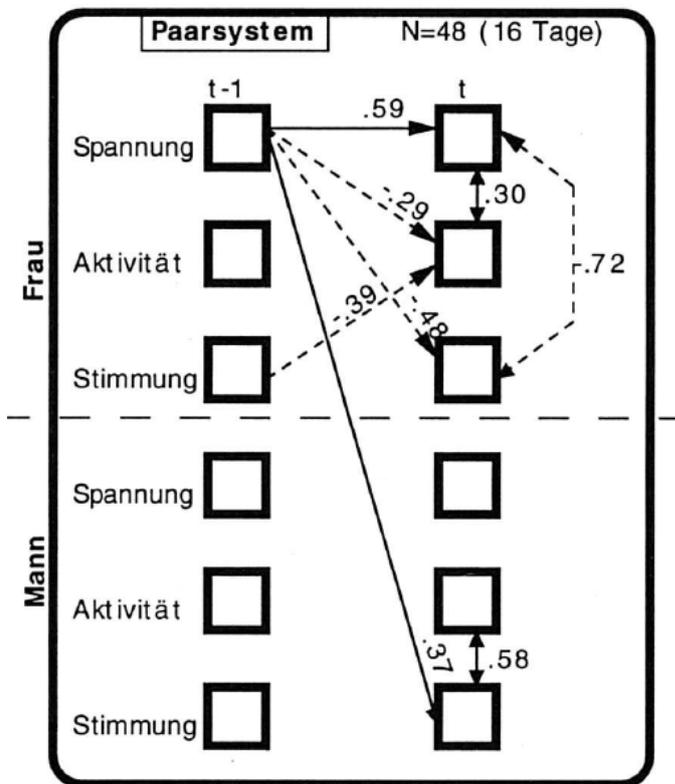


Abb. 8.4.3. Darstellung eines Paarsystems über die signifikanten Regressionen des Zustandsraum-Modells, das aus den Zeitreihen gewonnen wurde. (Lesebeispiel: der Pfeil von Spannung der Frau (oben links) zu Stimmung des Mannes (unten rechts) mit der Zahl ".37" bedeutet, dass ihre Spannung seine Stimmung mit einem Gewicht von .37 erhöht). Gestrichelte Pfeile verdeutlichen negative Beziehungen

8.4.3 Studie einer Triade

Diese Untersuchung ist wiederum deskriptiver Natur, indem ein stationäres Gleichgewicht modelliert wird. Die Wechselwirkungen zwischen beobachtbaren (Makro-) Variablen dieser Gruppe werden dargestellt.

A) Methode

Die Interaktion einer Triade wurde in einem Verfahren der teilnehmenden Beobachtung zweier intelligenzverminderter Psychatriepatienten durch einen sie betreuenden Praktikanten dokumentiert. Beide Patienten waren im selben Zimmer hospitalisiert. Der Praktikant verwendete die Skalen, die bereits in Studie 8.4.2 eingesetzt

waren, um Spannung, Aktivität und Stimmung zu evaluieren. Alle Ratings wurden vom Praktikanten zu drei festen Zeitpunkten an 22 aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt. Man erhält damit eine neun-variate Zeitreihe über 66 Zeitpunkte. Zur Analyse errechnete ich wiederum ein Zustandsraummodell. Wegen der grossen Anzahl der Verlaufsvariablen beschränkte ich die Modellierung wieder auf den einfachsten Fall mit um nur einen lag verschobenen Variablen.

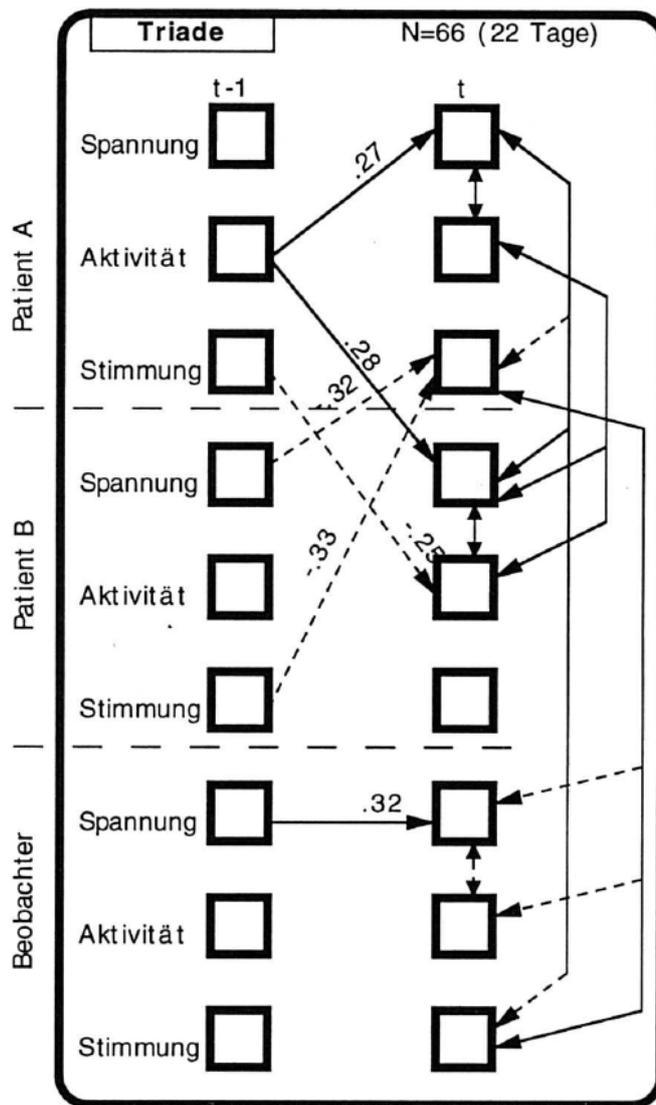


Abb. 8.4.4. Darstellung einer Triade (signifikante Regressionen des Zustandsraum-Modells). Gestrichelte Pfeile verdeutlichen negative Beziehungen

B) Ergebnisse und Diskussion

Das kausale Modell der Triade ergibt eine Reihe von Interaktionen zwischen den beiden Patienten; das Modell kann als eine Repräsentation des psychosozialen

Gleichgewichtssystem verstanden werden, welches sich zwischen den drei Personen eingestellt hat. Der Beobachter scheint dabei wenig involviert zu sein (bzw. sich als wenig involviert wahrzunehmen, da die Erhebung ja auf seine Einschätzung zurückgeht). Inhaltlich ersehen wir aus Abb. 8.4.4: Spannung und Stimmung von Patient B mindern beide die Stimmung von Patient A, die wiederum die Aktivität von B hemmt. Aktivität von A erhöht die Spannung von B. Die vielfältigen Korrelationen aus den Residuen des Zustandsraum-Modells zeigen, dass die zeitverschobenen kausalen Interaktionen nur einen Teil der Kovarianz erklären. In die nicht näher bestimmbaren gleichzeitigen Variationen ist dann auch der Beobachter einbezogen.

8.4.4 Analyse eines Paarsystems

Die (nach Tests stationäre) Dynamik dieses weiteren Paarsystems kann sowohl linear (wie in Studie 8.4.2 und 8.4.3) als auch nichtlinear modelliert werden. Damit gelingt eine methodisch differenziertere Analyse des PSS.

A) Methode

Die Datengrundlage dieser Analyse eines Paarsystems besteht aus stündlichen Selbstbeurteilungen der Gestimmtheit von jeweils Frau und Mann. Die Erhebung wurde durch ein studentisches Ehepaar während der gesamten Wachzeit in einer vierwöchigen gemeinsam zuhause verbrachten Ferienzeit durchgeführt. Auf diese Weise entstand eine bivariate Zeitreihe über 424 Zeitpunkte hinweg (Abb. 8.4.5).

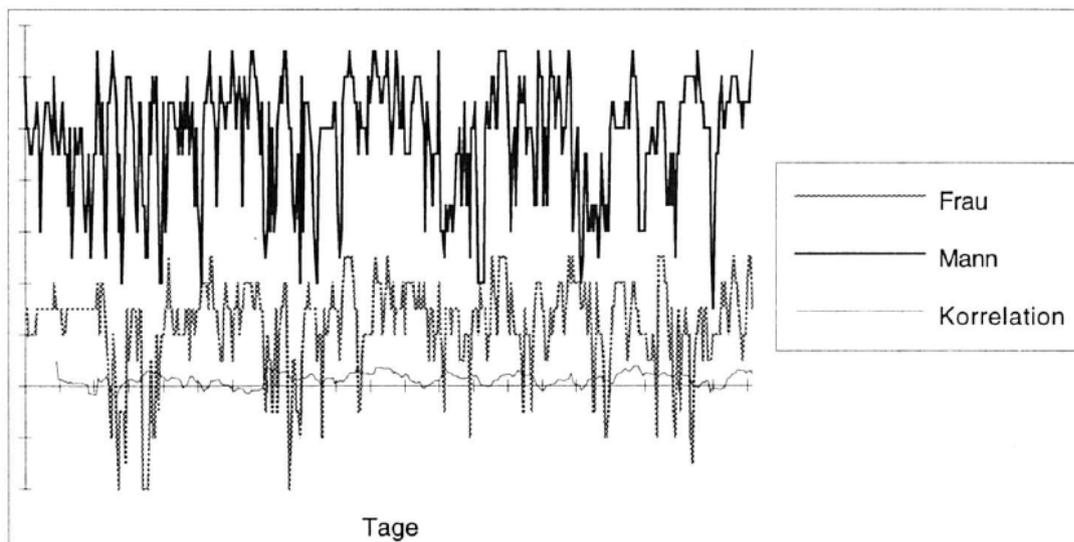


Abb. 8.4.5. Gestimmtheit eines Paares (x-Achse: Tage; y-Werte sind stündliche Selbsteinschätzungen über ca. 3 Wochen hinweg). Die Zeitreihe des Mannes wurde zur besseren Lesbarkeit nach oben versetzt. Die Korrelationszeitreihe besteht aus der Korrelation Mann vs. Frau eines gleitenden 12-Stunden-Fensters (der Anfangswert der Korrelation ist als Massstab auf 1.0 gesetzt)

Neben der oben beschriebenen Zustandsraum-Modellierung konnten mit dieser sehr langen stationären Zeitreihe weitergehende Analysen durchgeführt werden, die die Linearitätsannahme problematisieren helfen. Ich wandte parameterfreie Vorhersagemethoden (Sugihara & May, 1990) an, mit deren Hilfe Zeitreihen bezüglich Zufall und Nichtlinearität klassifiziert werden können (s. Scheier & Tschacher, 1994b; Theiler et al., 1992; Kennel & Isabelle, 1992). Die genaue Darstellung der Methodik ist oben bereits erfolgt; man prüft also, ob die Prognostizierbarkeit der Zeitreihen sich mit zunehmendem Vorhersageintervall entsprechend einer Zufallsdynamik (Rauschen), einer autoregressiven Dynamik (lineares Modell) oder einer ARMA(p,q)-Dynamik (NVC-Algorithmus) verhält. Ich testete die Signifikanz der Prognosen mit einer statistischen Bootstrap-Methode anhand Surrogat-Zeitreihen (Scheier & Tschacher, 1994a). Zur Klärung der Frage, ob es sich um chaotische Dynamik handelt, wurden zusätzlich die Lyapunov-Exponenten berechnet, die die Divergenz benachbarter Trajektorien eines Systems quantifizieren (Eckmann & Ruelle, 1985). Letztere Methode ist allerdings nur im Sinn eines Hinweises zu interpretieren, da die Datenvoraussetzungen für den Einsatz des Algorithmus von Wolf et al. (1985) nicht erfüllt sind.

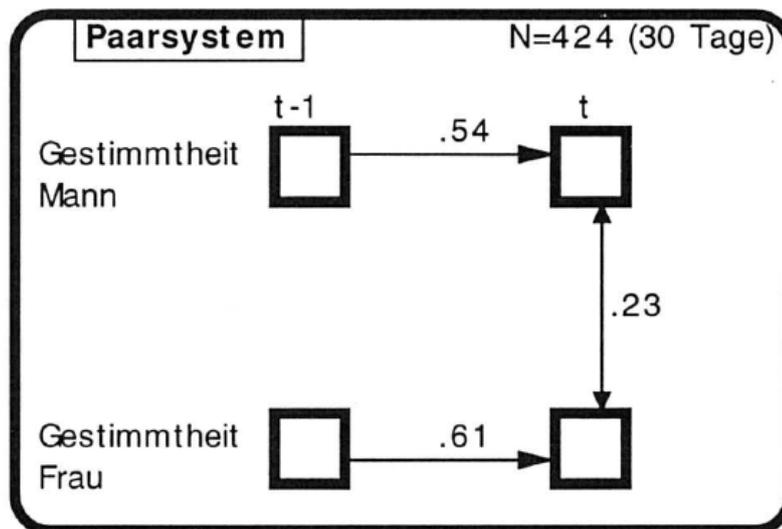


Abb. 8.4.6. State space-Modell der Gestimmtheit eines Paarsystems (Daten s. Abb. 8.4.5)

B) Ergebnisse

Abb. 8.4.6 zeigt die Ergebnisse der Zustandsraum-Formulierung des Paarsystems. Dabei findet sich keine Kopplung der beiden Variablen im Sinne linearer Regressionen; lediglich die autoregressive Stabilität beider Gestimmtheiten sowie die Korrelation zwischen Mann und Frau sind signifikant. Letzteres zeigt sich auch bei Inspektion der gleitenden Korrelationswerte in Abb. 8.4.5, die meist oberhalb der Nulllinie liegen. Korrelationen jedoch sind bekanntlich nicht einfach kausal interpretierbar; die

gemeinsame Variation könnte etwa durch eine gemeinsame Interaktion mit einer Drittvariable (um ein banales Beispiel zu nennen: mit dem Wetter) zustande gekommen sein.

Es besteht allerdings eine weitere plausible Erklärung dafür, dass mit der genannten Methode kein stabiles System zu extrahieren ist: es könnte sich um eine nichtlineare Form der Kopplung zwischen den beiden Personen handeln. Ich führte deshalb die Analyse der Vorhersagbarkeit mit den Einzelzeitreihen durch und finde die in Abb. 8.4.7 dargestellten Vorhersagegüten in Abhängigkeit von der Zeitspanne, über die prognostiziert wird. Die Signifikanzprüfung ergibt zunächst für beide Zeitreihen, dass sie nicht als rein stochastische Prozesse angesehen werden können; der Verlauf der Frau ist zusätzlich aber signifikant nichtlinear (insofern als — bei Verwendung des erwähnten Vorhersagealgorithmus — AR(1)-Modelle der Zeitreihe weniger präzise Prognosen erlauben als die Zeitreihe selbst). Dies ergibt sich in der Tendenz auch bei Verwendung des NVC: der Gestimmtheitsverlauf des Mannes ist bezüglich seiner zeitlichen Determiniertheit nicht von linear-stochastischen Surrogaten zu unterscheiden, während dies bei der Frau bei verschiedenen Einbettungsdimensionen und Zeitverzögerungskonstanten signifikant der Fall ist. Die Lyapunov-Exponenten deuten auch bei der nichtlinearen Zeitreihe der Frau allerdings nicht auf Chaos hin.

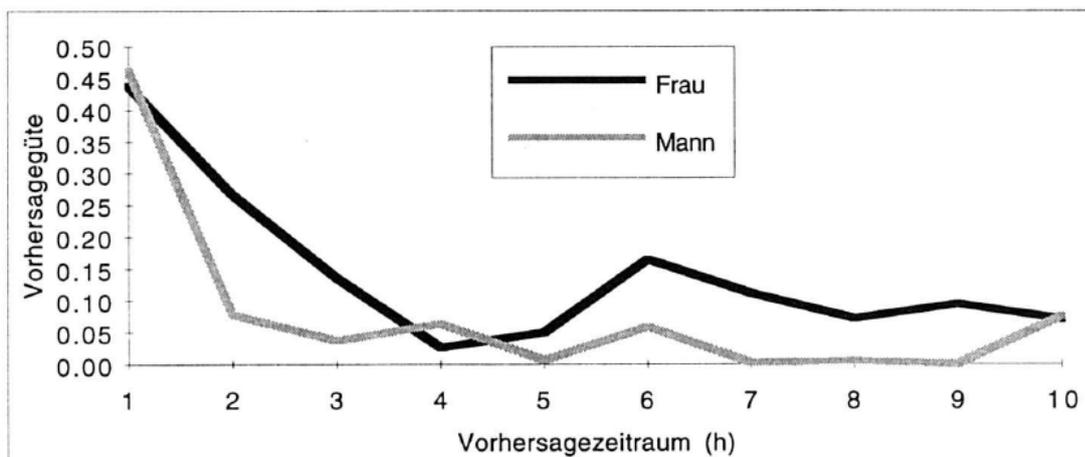


Abb. 8.4.7. Prognostizierbarkeit der in Abb. 8.4.5 dargestellten Gestimmtheitsverläufe. x-Achse: Vorhersagezeitraum in Stunden; y-Achse: Vorhersagegüte (Korrelation wahrer Wert/prognostizierter Wert)

Damit ist ein hinreichender Grund gefunden, weshalb das Zustandsraummodell keine eigentliche Kopplung der Paarbeziehung eruieren kann: die Dynamik des einen Partners kann linear nicht befriedigend erklärt werden, d.h. gerade auch für die Untersuchung des Paarsystems greift ein linearer Modellierungsansatz hier zu kurz. Es gelingt also in diesem Fall nicht, die sozialpsychologisch relevante Information dieses bivariaten Paarprozesses weiter zu klären, auch wenn die individuellen Verläufe überzufällige serielle Struktur aufweisen. Hier zeigt sich die Beschränkung durch die Linearitätsannahme vieler Methoden.

8.4.5 Diskussion der Studien zu psychosozialen Systemen

Betrachtet man also die Resultate der hier vorgestellten sozialpsychologischen Pilotstudien auf dem Hintergrund der Konzeptualisierung von Gruppen als selbstorganisierten Systemen, so finden wir Hinweise auf Gleichgewichtszustände, sowie auf eine Reduktion von Freiheitsgraden im Zuge der Entstehung von psychosozialen Systemen:

Gleichgewichtszustände finden sich in verschiedenen Systemen insofern, als man zeigen kann, dass eine Modellierung aufgrund der Rohdaten möglich und stabil ist (Studie 8.4.2-4). Diese Modelle weisen signifikante mutuelle Kontingenzen (rekursive Kausalzusammenhänge) zwischen den Mitgliedern (bzw. Variablen) auf (Brunner, 1986). Dies zeigt, dass es sich in der Regel nicht lediglich um triviale Systeme (im Sinne eines interaktionslosen sozialen Beisammenseins) handelt. Ich sehe hierdurch auch die Wahl der Analyseebene bestätigt: ich untersuchte ja (gewissermassen in "systemischer" Tradition) psychosoziale Systeme (Gruppen, Paare), und richtete weniger den Fokus auf das Individuum im sozialen Kontext.

Die SYMLOG-Studie 8.4.1 zeigt, wie sich die Gruppenstruktur im Seminarverlauf ändert: diese Veränderungen treten im wesentlichen an zwei Punkten der Gruppengeschichte auf. Solche Entwicklungsphasen finden sich auch in den Therapieprozessen von Kapitel 8.3.2. In Abb. 8.3.4, der eine therapeutische Dyade zugrundeliegt, demonstrierte ich eine turbulente Anfangsphase (starkes Oszillieren der drei Verlaufsfaktoren mit abwechselnder Dominanz mal des einen, mal des anderen Faktors) und eine ruhige Endphase, während der der Rapportfaktor allein fast die gesamte Varianz des Systems beschreibt. In einer in Kap. 8.3.1 berichteten Therapieprozessstudie einer systemischen Paartherapie kam ich zum entsprechenden Ergebnis einer phasenhaften nichtlinearen Abfolge in der Therapiedynamik (Quast & Ruff, 1994; Tschacher & Scheier, 1995).

Die *Evolution* der PSS lässt sich durch die Faktorenanalyse in Studie 8.4.1 weiter erhärten: es scheint so zu sein, dass die Dimensionalität in der Gruppe am Ende geringer ist als zu Beginn. Dies ist mit der Grundthese der Synergetik vereinbar, dass die Emergenz eines selbstorganisierten Systems formal als eine Reduktion der Anzahl von Freiheitsgraden eines Systems aufgefasst werden kann.

Bei den schon länger bestehenden, bereits etablierten Systemen (Studie 8.4.2-4) konnte man nach entsprechenden Tests von der Stationarität der Zeitreihen ausgehen. Zur Modellierung der Zeitreihen, die in sozialen Systemen naturgemäss multivariat sind, stehen dann verschiedene Methoden zur Verfügung, von denen ich die Zustandsraum-Methodik wählte. Diese ergibt in vielen Fällen inhaltlich interpretierbare Systemmodelle, die die Struktur dieser Systeme in einem homöostatischen Zustand repräsentieren.

Zusammenfassend gesagt, bietet sich m.E. der Selbstorganisationsansatz als potentielle Metatheorie in der Sozialpsychologie an, die in dieser durch starke Segmentierung gekennzeichneten Disziplin integrierend wirksam werden könnte. Diese generelle Richtung wird in der Sozialpsychologie etwa vertreten durch Brunner &

Tschacher (1991), Eiser (1993), Vallacher & Nowak (1994), Helbing (1995), Langthaler & Schiepek (1995).

8.5 Herzaktivität und Schlafdaten

8.5.1 Zeitreihen zur Herzaktivität

Ich habe in Kapitel 2 bereits darauf hingewiesen, dass in den vergangenen Jahren eine intensive Diskussion zur Dynamik physiologischer Signale stattgefunden hat. Insbesondere die Entwicklungen in Bereich der nichtlinearen Dynamik und Chaostheorie haben diesen Diskurs befördert (Rensing et al., 1987; Mayer-Kress et al., 1988; Haken & Koepchen, 1991; an der Heiden, 1992). Ich kann hier die umfangreiche Diskussion zur Nichtlinearität physiologischer Variablen (insbesondere des EEG und EKG) nicht darstellen, sondern lediglich in Form zweier empirischer Vignetten zu einer Kernfrage dieser Diskussion im Bereich der Herzaktivität beitragen. Dabei werde ich die bereits eingeführte Methodik zur Klassifikation von Prozessgestalten einsetzen.

Die Frage ist insbesondere, ob sich die in der Literatur vertretene Hypothese, dass die Dynamik des gesunden Herzens chaotisch sei, unterstützen lässt (Goldberger et al., 1990). In diesem Fall sollte die Klassifikation ergeben, dass die Zeitreihen auf ein c_1 -System hinweisen (nichtlinear mit Rauschanteil). Dies ist zugleich, wie oben bereits ausgeführt, Nachweis einer Prozessgestalt. Die Alternativhypothese bzw. Nullhypothese ist, dass die auch unter konstanten Randbedingungen stets vorhandenen Abweichungen des Herzschlags vom regelmässigen Metrum zufällig sind.

A) Methode

Die Zeitreihen entstammen der Aufzeichnung des Ruhe-Elektrokardiogramms eines 39jährigen Mannes und eines 6jährigen Kindes. Die Dauer der Aufzeichnung war etwa 15 Minuten, der Zeitpunkt am Abend gegen 19 Uhr. Die Ableitung wurde mit einem portablen System (Vitaport-System) vorgenommen; sie erfolgte über an der Brustwand angebrachte Elektroden. Ich wählte eine Samplingrate von 1000 Hz.

Die Überprüfung der EKG-Daten ergab eine artefaktfreie Ableitung. Zur Analyse wurden die EKG-Spannungswerte in die konsekutiven Interbeatintervalle umgewandelt, wobei ein an unserem Institut entwickelter Umrechnungsalgorithmus eingesetzt wurde. Aus den etwa 1 MB umfassenden Datensätzen jeder Zeitreihe (d.h., ca. 10^6 Zeitpunkte lange Zeitreihen) von EKG-Rohwerten werden so die Dauern von 1'051 bzw. 1'635 (beim Kind) aufeinander folgenden Herzschlagzyklen "herausdestilliert" und untersucht. Die Dauer ist definiert durch die Zeit in ms, die zwischen aufeinander-

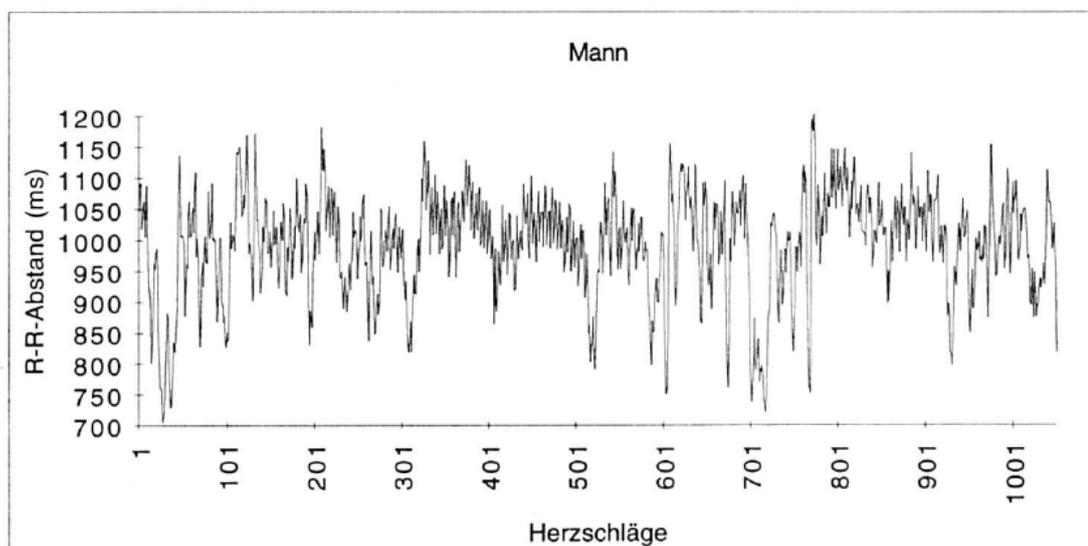
derfolgenden Spannungsmaxima, den sogenannten R-Zacken, verstreicht. Dadurch wird die der Herzaktion zugrundeliegende Periodizität gewissermassen als gegeben vorausgesetzt; pointiert kann so untersucht werden, ob die Zeitreihe der Interbeatintervalle im wesentlichen konstant mit geringen zufälligen Abweichungen ist, oder ob sich in den Abweichungen der aufeinanderfolgenden Herzschlagdauern eine deterministische Dynamik manifestiert. Im ersteren Fall kann man von einem einfachen Oszillatormodell der Herzaktivität ausgehen (einem Grenzyklus); im letzteren Fall wäre eine kompliziertere Dynamik anzunehmen, z.B. Orbits eines chaotischen Attraktors (wie z.B. in Abb. 1.3 dargestellt). Allerdings kann die Möglichkeit des deterministischen Chaos methodologisch nicht verifiziert werden.

Die Analyse der Daten wird mit der in Abschnitt 8.2 beschriebenen Bootstrap-Methode durchgeführt: es finden also Tests gegen die Nullhypothesen "Zufall" und "autoregressiv-linearer Prozess" mit Hilfe der Methode von Sugihara & May (1990) statt, sowie der NVC-Test gegen phasenrandomisierte Surrogate nach Kennel & Isabelle (1992). Auf diese Weise kann der am besten geeignete Modellierungsansatz für die Dynamik eingegrenzt werden.

B) Ergebnisse

In Abb. 8.5.1a,b sind die aus den EKG-Rohdaten weiterbearbeiteten Zeitreihen der R-R-Abstände (sog. Interbeatintervalle) dargestellt, sowie deren Autokorrelationsfunktionen ACF und PACF (Abb. 8.5.2a,b). Die Ergebnisse der Bootstrap-Analysen werden in Tab. 8.5.1 ausführlich aufgelistet.

Aus den Zeitreihen in Abb. 8.5.1 ist ersichtlich, dass die Interbeatintervalle durchaus nicht konstant sind. Wie zu erwarten, zeigt das Kind eine höhere Herzrate als der Mann, entsprechend sind Mittelwert und Standardabweichung der Zeitreihe in Abb. 8.5.1a grösser.



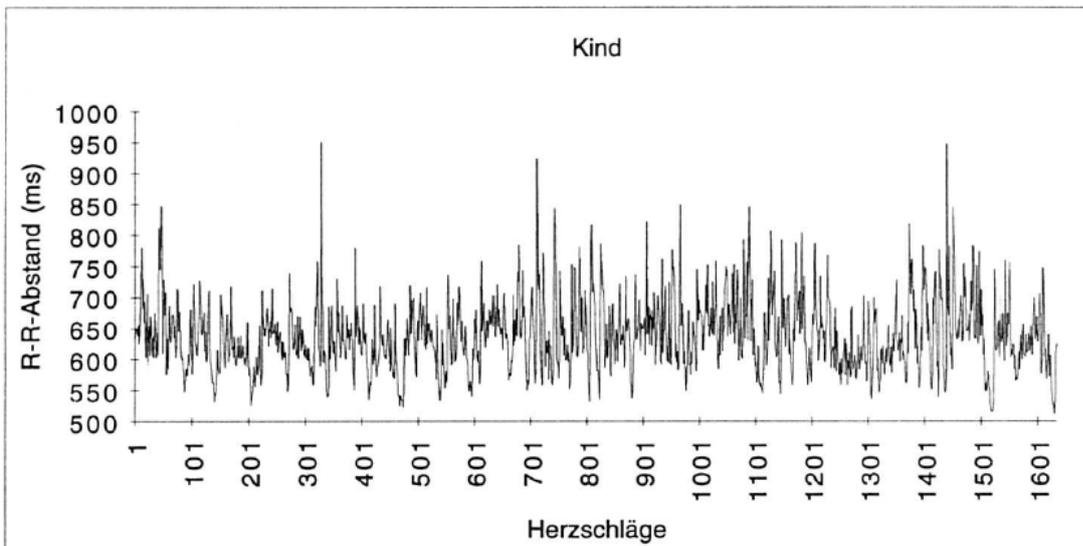


Abb. 8.5.1a. Zeitreihe (Mann) der R-R-Abstände während 15 Minuten Herzaktivität. Abszisse: fortlaufende Herzschläge; Ordinate: R-R-Abstand in ms (d.h. Dauer eines Herzschlags). 8.5.1b. Zeitreihe (Kind)

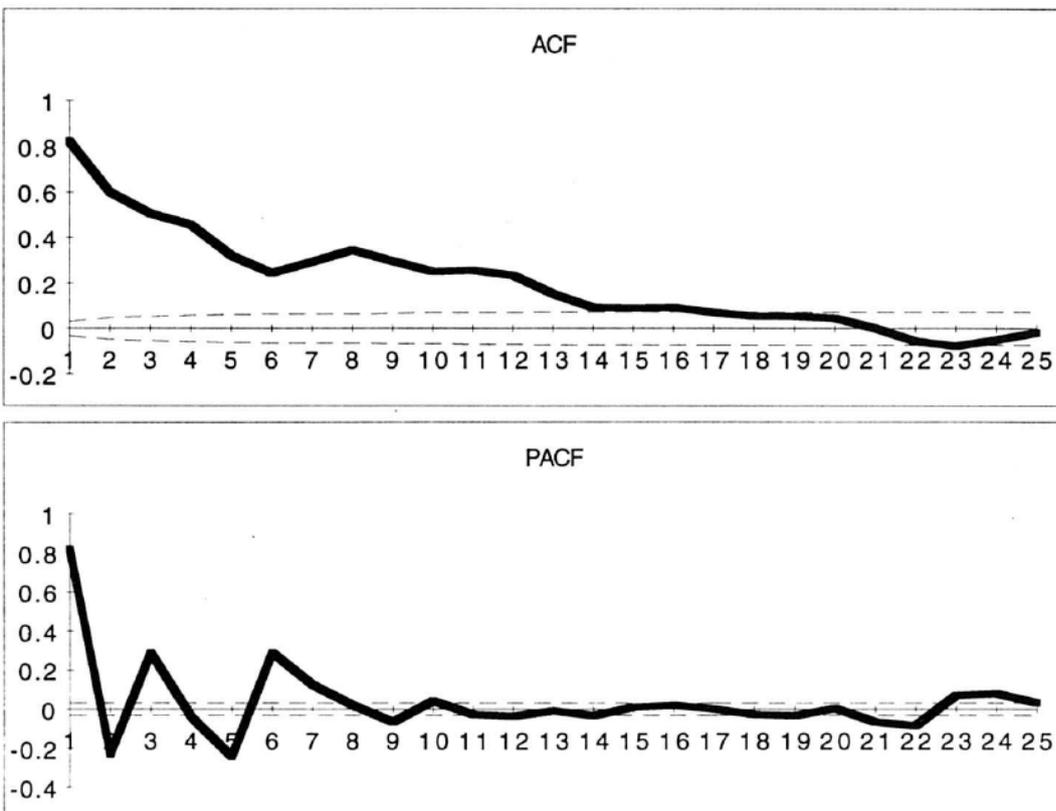


Abb. 8.5.2a,b. Autokorrelationsfunktion und partielle Autokorrelationsfunktion der Zeitreihe des Mannes

Die Bootstrap-Analysen wurden für eine Zeitverzögerungskonstante von $\tau = 6$ vorgenommen (dem Wert des ersten Minimums der ACF), im Falle der Zeitreihe des

Mannes zusätzlich für $\tau = 13$. Die Tests erlauben es, im Falle des Kindes alle Nullhypothesen zurückzuweisen. Eine dreidimensionale bis siebendimensionale Einbettung erscheint hierbei als geeignet. Im Falle des Mannes kann das Linearitätsmodell nicht eindeutig zurückgewiesen werden. Der "AR-Test" ergibt, dass diese Zeitreihe mit einem Ornstein-Uhlenbeck-Prozess modelliert werden könnte. Im Gegensatz dazu allerdings deutet der NVC darauf hin, dass phasenrandomisierte Surrogate (ARMA(p,q)-Surrogate) schlechtere Vorhersagegüten ergeben und somit eine nichtlineare Modellierung angezeigt wäre. Die PACF weist zusätzlich auf eine oszillierende Charakteristik dieses Prozesses hin.

	m	Zufall	p	AR-Test	p	NVC	p
Mann, $\tau = 6$	2	23.11	0.0000	0.11	0.9108	-2.27	0.0116
	3	20.93	0.0000	0.03	0.9789	-3.49	0.0000
	4	13.58	0.0000	0.11	0.9162	-1.99	0.0233
	5	10.72	0.0000	0.19	0.8470	-3.48	0.0000
	6	11.29	0.0000	0.11	0.9094	-3.12	0.0000
	7	8.83	0.0000	0.02	0.9863		
	8	10.41	0.0000	0.03	0.9795		
	9	9.34	0.0000	0.05	0.9639		
	10	8.24	0.0000	0.11	0.9149		
	Mann, $\tau = 13$	2	19.48	0.0000	0.53	0.5936	
3		16.96	0.0000	0.06	0.9533		
4		12.24	0.0000	0.11	0.9142		
5		11.56	0.0000	0.00	0.9974		
6		12.44	0.0000	0.21	0.8301		
7		11.96	0.0000	0.22	0.8245		
8		9.52	0.0000	0.19	0.8521		
9		6.92	0.0000	0.41	0.6802		
10		4.71	0.0000	0.78	0.4329		
Kind, $\tau = 6$		2	22.13	0.0000	1.00	0.3193	-4.99
	3	14.78	0.0000	2.51	0.0121	-3.71	0.0000
	4	10.52	0.0000	3.03	0.0000	-4.28	0.0000
	5	7.01	0.0000	3.29	0.0000	-4.62	0.0000
	6	4.13	0.0000	3.39	0.0000	-4.55	0.0000
	7	2.85	0.0043	4.32	0.0000		
	8	0.48	0.6337	5.76	0.0000		
	9	1.25	0.2119	5.11	0.0000		
	10	0.61	0.5397	4.92	0.0000		

Tab. 8.5.1. Effektmasse und Wahrscheinlichkeiten p der drei geprüften Nullhypothesen der Bootstrap-Tests (s. Text) für die Herz-Zeitreihen aus Abb. 8.5.1. Die Zeitverzögerungskonstanten τ und Einbettungen m sind angegeben.

C) Diskussion und Ausblick

In den untersuchten exemplarischen Zeitreihen von Interbeatintervallen sind Ordnung oder Periodizität mit dem blossen Auge nicht zu erkennen. Dennoch ergeben die Analysen, dass serielle geordnete Struktur im Sinne einer Prozessgestalt bei der

Zeitreihe des Kindes eindeutig vorliegt. Dieses Resultat ist konsistent mit der Annahme, dass der Herzaktivität eine nichtlinear-deterministische Dynamik unterliegt. Das Herz ist also nicht lediglich ein verrauschter Oszillator.

Das Ergebnis für die Zeitreihe des Mannes ist dagegen uneindeutig. Sicher ist auch hier, dass keine reine Stochastik vorhanden ist; während aber die Möglichkeit, den Determinismus der Zeitreihe durch Surrogate mit gleichen Spektraleigenschaften zu modellieren, zurückzuweisen ist, spricht der AR-Test zugleich für eine linear-autoregressive Erklärung des Zeitverlaufs. Wie dies mit der aus der ACF und PACF ersichtlichen Periodizität der Interbeat-Herzaktivität zusammengeht, ist schwer zu interpretieren. Die in der Literatur (Goldberger et al., 1990; Kaplan & Glass, 1995) aufgefundene "Fraktalität" ist einerseits auch durch einen linear-stochastischen Prozess vortäuschbar, wenn man sich nur auf die Skalierungseigenschaften verlässt (Osborne & Provenzale, 1989). Ebendiese Möglichkeit sollte aber andererseits durch den NVC-Algorithmus kontrolliert sein. Vielleicht könnte ein nichtlineares Zusammenspiel von Oszillatoren vermutet werden, das die Periodizitäten dieser Zeitreihe erzeugt, den linearen Test "täuscht", und vom NVC aber als nichtlinear erkannt wird. Eine andere Möglichkeit ist es, einen verrauschten Torus zu vermuten (lineare Überlagerung mehrerer Periodizitäten); mehrere oszillatorische Systeme können bekanntlich am Herzen histologisch unterschieden werden. Dies ist aber spekulativ; es zeigt, dass der Herzschlag des Probanden noch dynamische Geheimnisse bietet. Die Formulierung und Implementation weiterer Nullhypothesen, die im Surrogatverfahren geprüft werden können, ist hier deutlich angezeigt.

Die für psychologische Fragestellungen bedeutendste Information erfordert ebenfalls weitergehende Forschungsbemühungen: eine hochrelevante Frage ist, ob Modellierungscharakteristika des EKG mit emotionalen oder aktivationalen (also psychischen) Zuständen, die sich dem Herzschlag sympathisch und parasympathisch aufprägen, variieren. Diese Frage ist in Zusammenhang mit soziophysiologicalen Untersuchungen, wie wir sie in Therapiesitzungen durchführen (s. Abschnitt 8.6), von grossem Interesse.

8.5.2 Die Evolution des Schlaf-Wach-Rhythmus

Der Herzschlag und der Schlafrhythmus haben eines gemeinsam: sie sind organismische Rhythmen, die durch psychologische Einflüsse moduliert werden. Beide gelten im Alltagsverständnis als regelmässig und als verlässlich periodisch — und bei beiden hat die nähere Forschung erwiesen, dass die Regelmässigkeit sowohl des EKG wie auch des Schlafs nicht als beste Beschreibung (Modellierung) gelten können. Beim EKG bzw. den Interbeatintervallen wird der Herzrhythmus in der physiologischen Forschung inzwischen durchgängig als nichtlineares Ereignis verstanden, was im vorigen Abschnitt an zwei Beispielen teilweise bestätigt werden konnte (Goldberger et al., 1990).

Der Schlaf erweckte das Interesse der Chronobiologie (Winfree, 1980) — bzw.

umgekehrt: der Schlaf als periodisches Phänomen trug wesentlich mit dazu bei, dass die Chronobiologie entstand. Man fand etwa in Reizdeprivationsexperimenten, dass der erwartete 24-Stunden-Takt bei Abwesenheit äusserer Zeitgeber verloren geht; ausserdem zeigt das Studium neugeborener Kinder, wie sich die circadianen und ultradianen Schlaf-Wach-Rhythmen im Laufe der ersten Lebensmonate erst allmählich herausbilden (Meier-Koll, 1995; Parmelee, 1961). Die hier zu besprechenden Datensätze betreffen die ersten Lebensmonate von fünf Kindern. Bei geeigneter Aufbereitung der Schlaf-Wach-Daten liegen also nichtstationäre Zeitreihen vor, wie ich sie oben bereits in mehreren Studien diskutiert und modelliert habe. Wenn es sich um selbstorganisierte Oszillationen handelt, die aus erratischen (chaotischen oder zufälligen?) Ausgangsdynamiken heraus evolvierem, wäre anzunehmen, dass eine Serie von Phasenübergängen vorzufinden ist. Solche "Evolutionssprünge" sind charakteristisch für Prozessgestalten, deren Valenzen (Kontrollparameter) kontinuierlich verschoben werden, wie auch für (koevolvierende) Endosysteme nach dem logischen Prinzip von Abb. 7.5.

Eine zentrale Fragestellung in der Chronobiologie ist also die Entstehung periodischer Regelmässigkeiten, die sich besonders anschaulich bei einer grafischen Anordnung der Schlaf-Wach-Rhythmen in "Zeitkarten" aufweisen lassen. Man findet hierbei stets zunächst eine Zeit ungeordnet erscheinender Schlaf-Wach-Phasen, die sich zumindest über die ersten Lebenswochen erstreckt (Entwicklungsstufe I nach Meier-Koll, 1995). Daran kann sich ein Abschnitt anschliessen, innerhalb dessen die Schlaf-Wach-Phasen (meist ultradiane 4h-Rhythmen) driften. Dieses Phänomen der freilaufenden Rhythmen ist in vielen chronobiologischen Studien beschrieben, wenn erwachsenen Probanden die äusseren Zeitgeber vorenthalten werden. Erst allmählich werden diese freilaufenden Rhythmen beim Kind vom 24h-Rhythmus synchronisiert. Bei manchen Kindern ergeben die Zeitkarten auch den Eindruck, dass eine Tagesperiodik sich ohne vorheriges Driften etabliert. Es scheint, dass dabei analog zu Bifurkationskaskaden Schlafmuster in Stufen aufeinander folgen. Beim Kind Aurelia beschreibt Meier-Koll eine Abfolge vom ungeordneten Schlafverhalten zu regelmässigem Schlafen mit zuerst fünf, dann vier, drei und schliesslich, gegen Ende des ersten Lebensjahrs, zwei Wachperioden am Tag (d.h. letzteres entspricht einem regelmässigen Tagesablauf mit Nacht- und Mittagsschlaf).

Die konventionelle Auffassung in der Chronobiologie geht von endogenen Uhren und Oszillatoren aus, die in bisher ungeklärter Weise im Nervensystem basieren (etwa im suprachiasmatischen Kern: Birbaumer & Schmidt, 1989). Dem Postulat eines zentralen Schrittmachers wurde von Seiten der Synergetik entgegengesetzt, dass auch durch Selbstorganisationsprozesse Grenzyklen (also periodische Attraktoren im Verhalten) entstehen können (Kelso et al., 1991; Haken, 1996).

Meine Auswertungen betreffen hier nicht direkt die Rhythmik der Schlaf-Wach-Zeitreihen, sondern primär die Frage, ob und an welchen Stellen in der Entwicklung nichtlineare Phänomene auftreten. Meine Frage ist also: unterscheiden sich aufeinander folgende Abschnitte im Schlafverhalten qualitativ in Bezug auf die zugrundeliegende Dynamik?

A) Daten

Fünf Datensätze konnten analysiert werden. Die Rohdaten sind vollständige Aufzeichnungen der Uhrzeiten von Beginn und Ende aller sukzessiven Schlafphasen von fünf Kindern in ihren ersten Lebensmonaten. Die Daten wurden freundlicherweise von Alfred Meier-Koll zur Verfügung gestellt; sie stammen teilweise auch aus Veröffentlichungen zur Schlafforschung (Kleitman & Engelmann, 1953; Parmelee, 1961):

Aurelia (339 Beobachtungstage)
Korbinian (367 Tage)
Isabel (99 Tage)
Parmelee (242 Tage)
Kleitman (173 Tage)

Die beobachteten Kinder wurden nach dem free demand-Prinzip betreut, d.h. sie wurden nach Bedürfnis gefüttert und nicht geweckt. Dies ist natürlich eine wesentliche Voraussetzung für die Untersuchung der *endogenen* Dynamik des Schlaf-Wach-Rhythmus.

Die in den Rohdaten enthaltenen Zeitangaben markieren die Wechsel von Schlaf nach Wachheit und umgekehrt; ich erstellte daraus Zeitreihen mit den sukzessiven Dauern der Schlaf- und Wachphasen. Es resultieren also Zeitreihen, deren Prädikat *Zeitdauern* sind. Solche Zeitreihen entstanden auch bei der oben berichteten Studie zu den Interbeat-Intervallen der Herzaktivität. Die Besonderheit dabei ist wieder, dass auf der "Zeitachse", der Abszisse, nicht eine kontinuierliche physikalische Zeit abgetragen ist, sondern die Sukzession der Ratingeinheiten. Eine Ratingeinheit ist hier also eine Schlafphase oder Wachphase. Beispiele dieser Zeitreihen werden in Abb. 8.5.3 gegeben.

B) Auswertungsmethode

Für die Auswertung wurden die Gesamtzeitreihen in sukzessive Abschnitte von jeweils $n = 200$ Datenpunkten (also Zeitreihen von Schlaf- und von Wachphasen) aufgespalten. Diese Teilzeitreihen beziehen sich auf unterschiedlich lange Zeiträume, da die durchschnittliche Länge der einzelnen Phasen mit dem Lebensalter der Kinder in der Regel ansteigt. Jede Teilzeitreihe beschreibt ungefähr das Verhalten während eines Monats.

Ich verwende die zu Beginn von Abschnitt 8.2 beschriebene Bootstrap-Technik zum Test der Nullhypothese "Zufall" und "Linearität". Als Zeitverzögerungskonstante für die Takens-Einbettung wurde aufgrund der Autokorrelationen durchgängig $\tau = 1$ verwendet. Es wurden Werte für die Einbettungsdimensionen $2 \leq m \leq 10$ berechnet. Die hier gewählte Länge der Teilzeitreihen von $n = 200$ stellt dabei übrigens eine untere Grenze für die gewählte Bootstrap-Methode dar (Scheier & Tschä-

cher, 1994c), die mittels unverrauschter Test-Zeitreihen nichtlinear-chaotischen Ursprungs (z.B. computergenerierter logistic map-Zeitreihen) bestimmt wurde.

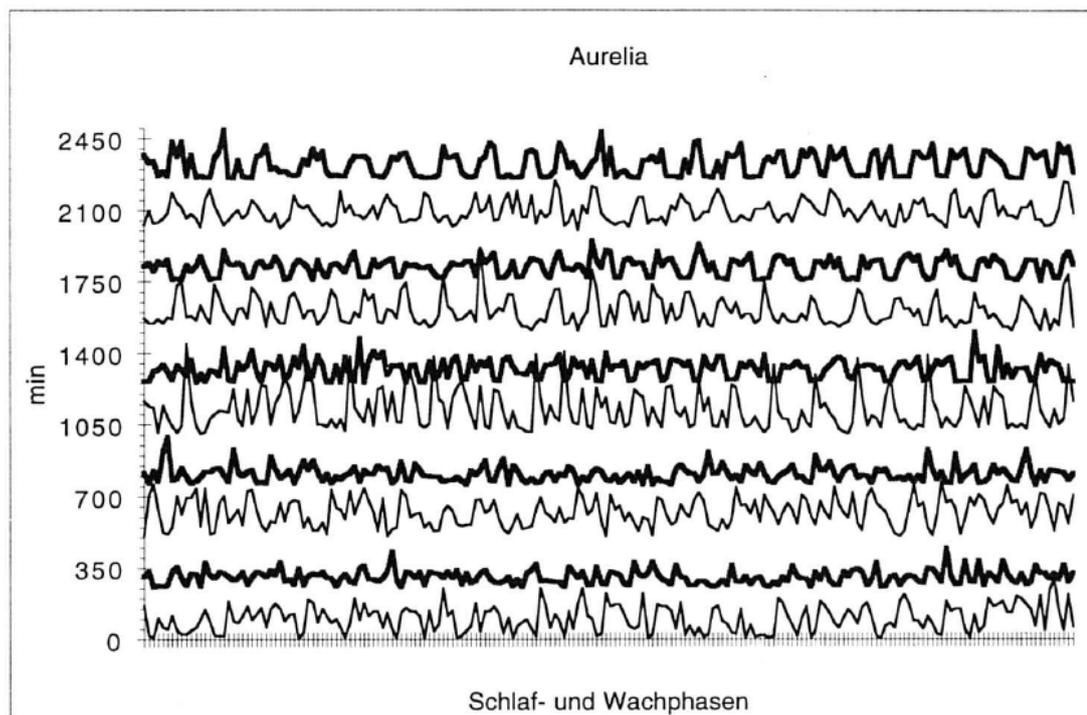
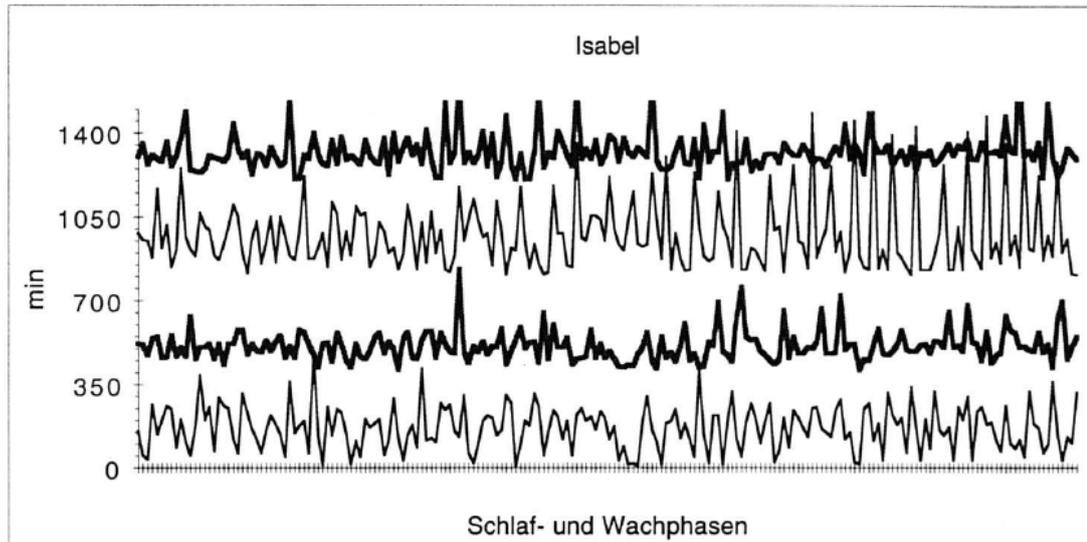


Abb. 8.5.3a,b. Zeitreihen der Schlaf- und Wachphasen der Kinder Isabel und Aurelia. Jeder Abschnitt ist 200 Phasen lang. Bei Aurelia sind ca. fünf Monate ab der Geburt dargestellt, beginnend mit der untersten Zeitreihe im Diagramm. Die y-Achse bezeichnet die Schlaf- bzw. Wachdauer in min, wobei die Zeitreihen jeweils um 250 min versetzt dargestellt sind. Bei Isabel sind etwa 2 Monate dargestellt (versetzt um jeweils 400 min). Schlaf: dünne Kurven; Wach: dick ausgezogene Kurven

C) Ergebnisse und Diskussion

In Tab. 8.5.2 sind die Ergebnisse der Bootstraptests im Überblick dargestellt. Bei allen Kindern finden sich im ersten Abschnitt Hinweise auf fehlende serielle Ordnung ("noise") im Wach- oder Schlafverhalten. Dies ändert sich im Laufe der Entwicklung der Kinder: alle Datensätze zeigen dann zum grossen Teil sehr signifikante *Belege für nichtlineare Dynamik*. In der Regel wechseln sich im weiteren Verlauf nichtlineare Abschnitte aus teilweise mehreren $n = 200$ -Teilzeitreihen mit eher stochastischen Abschnitten ab.

Phase	Aurelia (339 Tage)		Korbinian (367 Tage)		Isabel (99 Tage)		Parmelee (242 Tage)		Kleitman (173 Tage)	
	Schlaf	Wach	Schlaf	Wach	Schlaf	Wach	Schlaf	Wach	Schlaf	Wach
1-200	lin(4)?	noise	noise	lin(8)?	lin (2)	noise	noise	noise	lin (4)	noise
201-400	noise	noise	noise	noise	nl (3)	noise	nl (7)	noise	nl (4)	nl (3)
401-600	nl (6)	nl (4)	nl (7)	nl (7)	nl (4)	noise	nl (8)	nl (4)	nl (2)	noise
601-800	nl (4)	nl (9)	nl (6)	noise			nl (4)	nl (5)	nl (2)	noise
801-1000	nl (10)	nl (6)	nl (5)	noise			nl (5)	noise		
1001-1200	nl (4)	nl (4)	nl (5)	nl (7)			nl (5)	noise		
1201-1400	noise	nl (6)	nl (3)	nl (4)						
1401-1600	nl (5)	nl (6)	nl (6)	nl (4)						
1601-1800	noise	nl (7)	nl (5)	nl (3)						
1801-2000	nl (4)	nl (4)	nl (3)	noise						
2001-2200	nl (6)	nl (6)								
2201-2400	noise	nl (7)								
2401-2600	noise	nl (4)								
2601-2800	noise	nl (2)								

Tab. 8.5.2. Übersicht der Ergebnisse der Bootstrap-Tests zu den Schlafzeitreihen aller fünf Kinder ab Geburt (ein Abschnitt von 200 Schlaf- bzw. Wachdauern entspricht ungefähr einem Lebensmonat). "nl": nichtlinear; "lin": linear; "noise": Zufall; "?": marginal signifikant, evtl. linear oder stochastisch. Die Zahlen in Klammern bezeichnen diejenige Einbettungsdimension, die die besten Vorhersagen erbringt

Die in der chronobiologischen Literatur oft als "chaotisch" bezeichneten ersten Wochen sind anscheinend eher erratisch im Sinne von nichtvorhersagbar und stochastisch. Es scheint mit zunehmendem Alter der Kinder einen Trend in Richtung niedrigerer Dimensionalität der Zeitreihen zu geben (s. die in Tab. 8.5.2 angegebenen Einbettungsdimensionen). Eine deterministisch-chaotische Dynamik entwickelt sich in späteren, auf die eher stochastische Entwicklungsstufe I unmittelbar folgenden Abschnitten. Die Bootstraptests belegen dann sehr deutlich die nichtlinear-deterministische Prozessgestalt des Schlaf- und Wachverhaltens.

Die wiederholte Unterbrechung der prozessgestaltlichen Perioden durch stochasti-

sche Abschnitte kann als Zeichen von Phasenübergängen gedeutet werden; die dann vorherrschende Nichtstationarität zerstört die Vorhersagegüte, auf der die eingesetzte Methode basiert.

Das Schlafverhalten von Aurelia erzeugte die längsten Zeitreihen, da ihre Schlafphasen unterdurchschnittlich lang waren. Bei Aurelia kann man eine deutliche Entwicklungsstufe I sehen, die etwa die ersten beiden Lebensmonate umfasst, und die Modellierungseinstufung "noise" (Wachphasen) bei punktuellen Anzeichen von Linearität im Schlafverhalten erhält. Danach folgt eine durchgängige Phase nichtlinearer Dynamik bei den Wachphasen, während der in der Zeitkarte ultradiane Periodik sichtbar wird. Bei den Schlafphasen ist die Nichtlinearität nicht stabil, denn im sechsten Lebensmonat verliert sich die nichtlineare und lineare Vorhersagbarkeit der Schlafdynamik vorübergehend. ebenso im achten Lebensmonat: Die Längen der Schlafphasen werden wieder stochastisch. Zu dieser Zeit hat Aurelia ein recht unregelmässiges Schlafverhalten mit drei periodischen Wachphasen pro Tag (Entwicklungsstufe IV nach Meier-Koll (1995)). Ab dem zehnten Monat (Zeitreihenpunkt 2201 bis Ende der Aufzeichnung) bleibt die Schlafdynamik zufällig, während die Wachphasen nichtlinear vorhersagbar sind. Die im Mittel aufrechterhaltene Periodizität der täglichen Schlaf-Wachphasen steht nur in scheinbarem Widerspruch zur Stochastizität der Schlafdynamik nach Tab. 8.5.2; bei Aurelia wird die nichtlineare Determiniertheit in Entwicklungsstufe IV durch die *Wachdynamik* abgeschöpft.

Folgende zusammenfassende Interpretation wird nach meiner Ansicht durch die bisherigen Ergebnisse nahegelegt:

- 1) In der Phase nach der Geburt gibt es zunächst eine wenig geordnete Schlaf-Wach-Dynamik. Das zugrundeliegende neurophysiologische System ist komplex und hochdimensional. Bei free-demand feeding und elterlichem *laissez-faire* bezüglich des Schlafens, wie bei den vorliegenden Daten gegeben, fehlen valente Zeitgeber, die das System jetzt schon organisieren könnten. Es herrscht der Zufall vor.

- 2) In der folgenden Phase, nach etwa zwei Monaten, organisiert sich das System selbst. Der hier gewählte phänomenologische Zugang ermöglicht noch genauere Untersuchungen, die klären können, wie die nun evolvierende nichtlineare Dynamik potentiell erklärt werden kann: es wäre möglich, dass verschiedene lokale Oszillatoren (Prozessgestalten) durch Selbstorganisation entstehen, und in ihrer Interaktion diese Dynamik erzeugen. Diese nichtlinear gekoppelten Oszillatoren können etwa Chaos erzeugen (in der Synergetik: Konkurrenz mehrerer Ordner). Solche Kopplungen könnten mit demselben Effekt auch zwischen endogenen Ordnern und exogenen Variablen (psychosozialen Rhythmen oder anderen circadianen Zeitgebern) entstehen.

- 3) Dieses System evolviert notwendigerweise auf verschiedenen Ebenen: das psychosoziale System Kind/Mutter/Vater/Geschwister wird valent auch bei beibehaltener Pflege-nach-Bedarf, d.h. das PSS wird u.a. das Schlaf-Wach-Verhalten zunehmend ordnen; die voranschreitende neuronale Reifung und Entwicklung wird ebenfalls zur Stabilisierung des periodischen Verhaltens des Kindes beitragen.

Künftige Selbstorganisationsforschung sollte diesen Evolutionsprozessen weiter

nachgehen; besonders die Untersuchung der Phasenübergänge zwischen Entwicklungsstufen verdient genauere Beachtung.

8.6 Soziophysiologische Untersuchung eines Therapiesystems

In diesem Abschnitt möchte ich einen Aspekt aus einem laufenden Projekt zur Untersuchung von Therapieprozessen mittels psychophysiologischer Erhebungen herausgreifen: das Atemverhalten von Therapeutin und Patientin in verschiedenen Sitzungen. Im wesentlichen geht es mir in dieser Darstellung darum zu zeigen, wie eine soziophysiologische Untersuchung aufgebaut werden kann, welche Hypothesen und Erwartungen aus Selbstorganisationssicht vorhanden sind, und welche Methoden zur Verfügung stehen. Eine weitere soziophysiologische Piloterhebung wird in Tschacher & Brunner (1995) beschrieben.

8.6.1 Soziophysiologische Arbeitshypothesen

In Kapitel 6 habe ich psychosoziale Systeme durch die Kopplung von Variablen zweier oder mehrerer kognitiv-emotionaler Systeme gekennzeichnet. Der Vorgang der Kopplung schliesst sich eng an das Konzept der Selbstorganisation an, die als eine selbstinitiierte Erhöhung der Ordnung definiert ist. Diesen Vorgang habe ich als Entstehung einer Prozessgestalt in komplexen psychologischen Systemen beschrieben. Kopplung ist nun ein Weg, auf dem solch ein Musterbildungsprozess voranschreiten kann. Gekoppelte, synchronisierte Variablen lassen sich einfacher beschreiben, d.h. das System ist weniger komplex geworden und hat weniger Freiheitsgrade. Genau dieses Ergebnis ist kennzeichnend für Therapiesysteme, wie in Abschnitt 8.3.2 gezeigt werden konnte. Auf einer physiologischen Datenebene kann dieser Kopplungs- oder Synchronisationsprozess prinzipiell in zweierlei Form zum Tragen kommen:

Starke Kopplungshypothese:

Die Dynamik der physiologischen Variablen wird interpersonal direkt gekoppelt im Sinne einer Phasenkopplung oder eines entrainment. Auf der *motorischen* Ebene sind solche Phänomene in der Sozialpsychologie gut bekannt ("Ansteckung", Nachahmung von Körperbewegung, Haltung und Mimik). Die gemeinsamen Ausdrucksbewegungen interagierender Personen, das gleichzeitige Gähnen, Beine-übereinander-Schlagen etc. sind sprichwörtlich. Diese Synchronisation wurde nun auch für die physiologischen Oszillationen, wie Herzschlag und Atmung, behauptet (Enke, 1983). Die Beobachtung solcher Rhythmen und ihrer Synchronisationen wird von manchen Therapieschulen gefordert (etwa von transtherapeutischen Ansätzen wie dem NLP, s. Bandler & Grinder, 1982). Die Hypothese ist also, dass sich die Emergenz eines

PSS auch auf der physiologischen und motorischen Ebene als direkte Synchronisation von Variablen niederschlägt (Tschacher, 1990; Warner, 1992; Levenson & Ruef, 1992; Hess & Banse, 1992).

Schwache Kopplungshypothese:

Zumindest die Synchronisation von physiologischen Parametern wie dem Herzschlag, die nicht (oder nur durch Trancetherapeuten...) beobachtbar sind, hat einen etwas esoterischen Anschein. Eine zweite realistischere Version der Kopplungshypothese könnte daher lauten, dass sich Synchronisationen kognitiv-emotionaler Zustände, die in der Interaktion entstehen, an ihren physiologischen Begleiterscheinungen untersuchen lassen. Hier wäre also nicht der Herzrhythmus direkt, sondern etwa die Herzrate oder das Pulsvolumen als Mass der sympathischen Aktivierung gekoppelt; mit Mitteln der Zeitreihenanalyse lassen sich eventuell weitere relevante dynamische Masse der Herzaktivität gewinnen (z.B. die Vorhersagegüte nach Sugihara & May (1990), wie bei den Interbeat-Intervallen in Abschnitt 8.5.1 demonstriert). Bezüglich der Atemaktivität wäre entsprechend nicht das Ein- und Ausatmen zweier Personen synchronisiert, sondern etwa die Atemtiefe oder -frequenz (als Indikator von Arousal). Kurz gesagt: es synchronisieren sich nicht die physiologischen Signale selbst, sondern sekundär aus der Physiologie gewonnene Masse. Die Kopplung von physiologischen Massen zweier Individuen wird erklärt durch die gemeinsame Korrelation mit einer interpersonalen, sozialpsychologischen Drittvariablen. Ein Beispiel für eine solche Drittvariable könnte etwa das Ausmass an kognitiver Dissonanz sein.

In der hier berichteten Auswertung soll nur die weitergehende Form a) der sozio-physiologischen Kopplung betrachtet werden. Aus Platzgründen beschränke ich mich weiterhin auf die Atemaktivität zu Beginn jeder Sitzung. Die Frage lautet also: Gibt es eine direkte Synchronisation der Atmung in diesem Therapieausschnitt im Sinne einer starken Kopplung? Hängt die soziale Kopplung mit durch Stundenbögen erhobenen Selbsteinschätzungen zum Therapieprozess zusammen?

8.6.2 Studie zur Kopplung des Atemverhaltens

A) Methode

Mit Hilfe einer portablen Apparatur zur Ableitung physiologischer und motorischer Variablen (Vitaport-System) wurden 10 Sitzungen einer an der Tagesklinik der Sozialpsychiatrischen Universitätsklinik Bern durchgeführten Psychotherapie begleitet. Folgende vier Masse wurden bei Therapeutin und Patientin abgeleitet: Elektrokardiogramm (3-Punkt-EKG-Ableitung am Brustkorb); Atemaktivität (Bauchatmung erfasst durch einen dehnungssensitiven Gurt; Erfassung mit 16Hz); Bewegung der rechten und der linken Hand (am Handgelenk befestigte Beschleunigungssensoren).

Die Inhalte und der Verlauf der sind hier wenig von Belang. Aus dem

Gesamtdatensatz wird nur auf die *Atemaktivität* in den initialen Minuten jeder Sitzung abgehoben. Abb. 8.6.1 zeigt solche Atemkurven während des Beginns der zweiten und der dritten Sitzung.

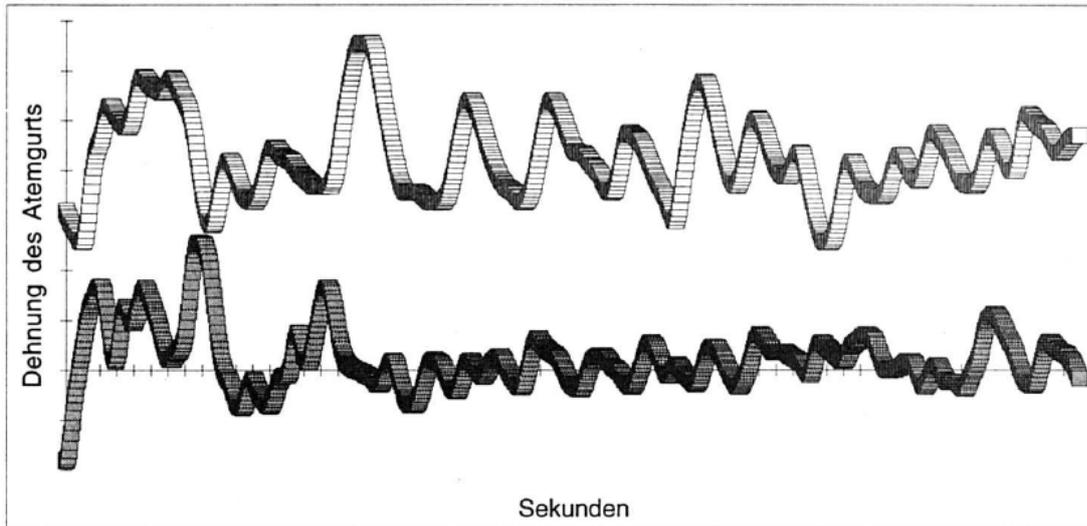


Abb. 8.6.1a. Atemaktivität von Therapeutin und Patientin (obere Kurve) zu Beginn der dritten Sitzung; x-Achse: Sekunden; gemeinsame Varianz: 0.8%

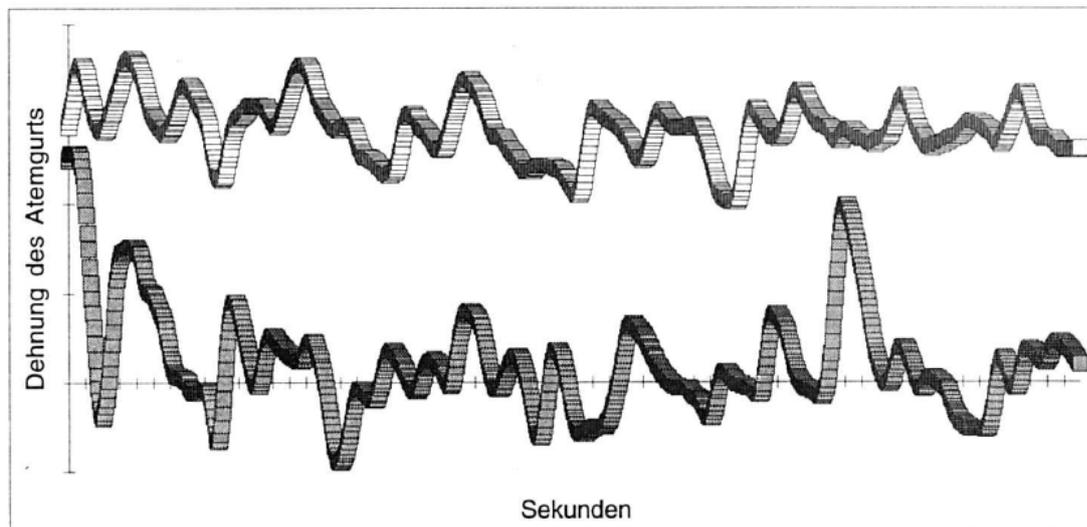


Abb. 8.6.1b. Atemaktivität zu Beginn der zweiten Sitzung mit einer gemeinsamen Varianz von 12.6%

Als Indikator für Synchronisation betrachte ich zunächst die Crosskorrelationsfunktion (CCF) zwischen den Atemzeitreihen von Therapeutin und Patientin. Wenn diese Zeitreihen synchronisiert oder mit einer konstanten Phasenverschiebung gemeinsam schwingen sollten, wäre eine CCF der Gestalt von Abb. 8.6.2 zu erwarten.

Zusätzlich prüfte ich die Korrelationen zwischen den Atemkurven daraufhin, ob sie einen überzufälligen Anteil in sich tragen. Dazu verwendete ich einen Bootstrap-Test über Korrelationen: die 10 echten Korrelationen, die den Zusammenhang zwischen Therapeutin und Patientin in den 10 Sitzungen kennzeichnen, wurden verglichen mit allen 180 Korrelationen, die bei beliebigen sonstigen zusammenhangslosen Kombinationen der Atemzeitreihen zustandekommen (z.B. Korrelation der Therapeutinzeitreihe in Sitzung 1 mit der Therapeutinzeitreihe in Sitzung 10). Letztere 180 Werte stellen also einen Surrogatdatensatz dar. Die Mittelwerte der 10 echten Korrelationen und der Surrogatkorrelationen wurden miteinander verglichen.

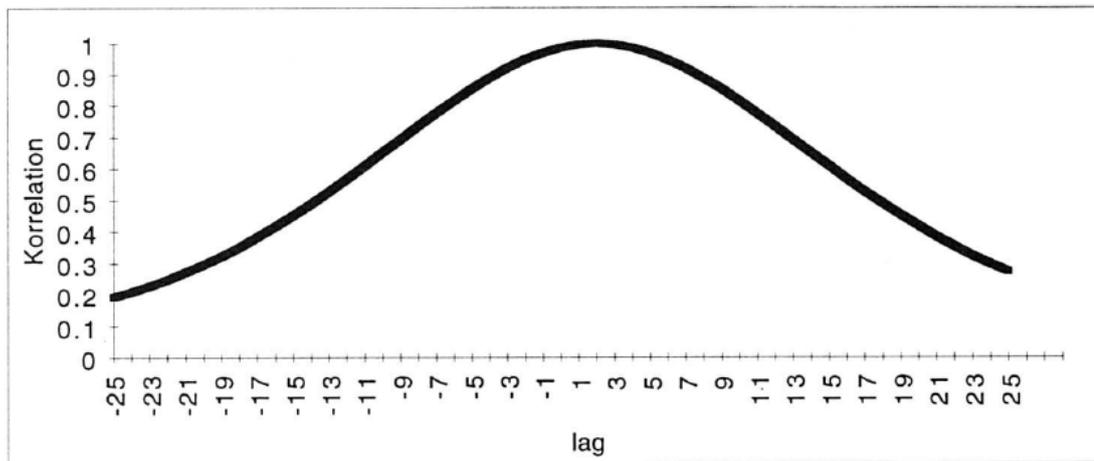


Abb. 8.6.2. Crosskorrelationsfunktion zweier fiktiver, vollständig synchronisierter Schwingungen. "lag" bezeichnet die Verschiebung zwischen den Schwingungen

B) Ergebnisse

Die tatsächlichen CCF der Atemkurven sind nicht von der Art synchronisierter Verläufe: sie verlaufen in der Regel flach und folgen nicht oder nur andeutungsweise dem in Abb. 8.6.2 demonstrierten Muster. Abb. 8.6.3 zeigt die CCF der Zeitreihe mit der stärksten Korrelation zwischen Therapeutin und Patientin. Der Augenschein spricht sonst generell gegen einen ausgezeichneten Zusammenhang zwischen den Atemaktivitäten der beiden Interaktandinnen.

Es zeigt sich aber dennoch in manchen Stunden eine gewisse Korrelation — ist diese bedeutsam? Hierzu ergab der Bootstrap-Test, dass die echten und die Surrogat-Korrelationen nicht nachweisbar aus unterschiedlichen Populationen stammen. Die beiden Verteilungen sind auch dann statistisch nicht unterschiedlich, wenn jeweils die gemeinsame Varianz betrachtet wird (da auch eine hohe *negative* Korrelation auf eine Phasenkopplung zurückgeführt werden kann). Die gemeinsame Atemvarianz in der Realsituation zu Beginn der Sitzungen beträgt durchschnittlich lediglich 3%, bei einem Maximum von 12.6% in der zweiten Sitzung.

Weiterhin erhob ich den aus den Patientenstundenbögen hervorgehenden Faktor der Therapiezufriedenheit (vgl. Grawe & Braun, 1994). Dieser korreliert nicht mit den genannten gemeinsamen Varianzen.

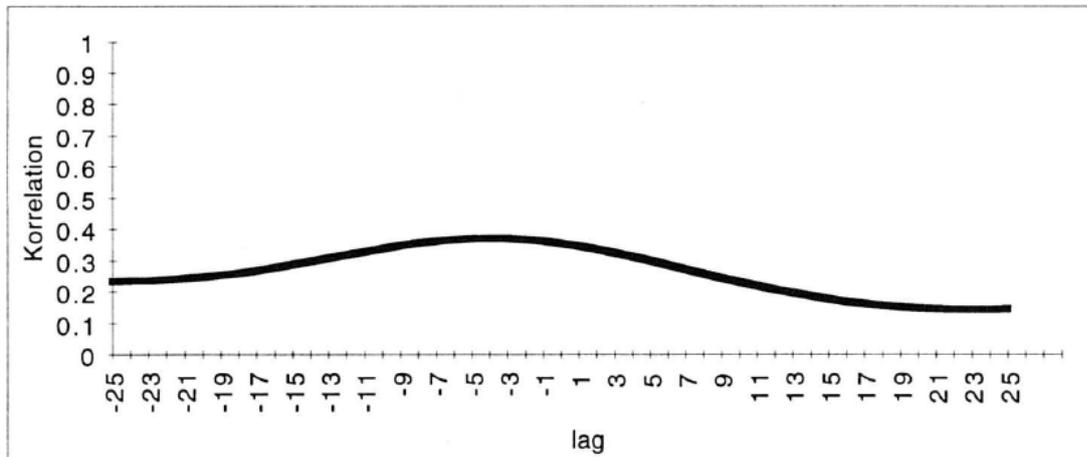


Abb. 8.6.3. Crosskorrelationsfunktion der Atemaktivität von Therapeutin und Patientin zu Beginn der 2. Sitzung. lag: die Verschiebung zwischen den Zeitreihen

C) Diskussion

In diesem Abschnitt ergaben sich keine Hinweise auf das Vorhandensein von soziophysiologicaler Kopplung im Sinne der starken Kopplungshypothese. Angesichts der Tatsache, dass nur ein kleiner Teil der Daten einer einzelnen Therapie, sowie hierbei nur die Atemparameter, berücksichtigt wurden, sollte man die Ergebnisse (noch) nicht verallgemeinern. Meine persönliche Vermutung ist jedoch, dass die starke Kopplungshypothese ("physiologische Oszillationen werden synchronisiert") bei den Parametern Atmung und Herzaktivität eine Legende ist. Ausnahmen mögen auftreten: vielleicht entstehen direkte Kopplungen von Atem und Motorik mehrerer Individuen in Ausnahmesituationen, etwa beim gemeinsamen Arbeiten oder bei gewissen sportlichen Aktivitäten. Im Bereich der Gruppenforschung und in Anwendung auf Therapiesysteme wie in der vorliegenden Pilotstudie scheint mir jedoch die schwache Kopplungshypothese ("aus physiologischen oder motorischen Massen abgeleitete Marker von Erregung, Aktivierung, Emotion werden synchronisiert") plausibler zu sein. Dagegen sind starke Kopplungen im Bereich der Gestik, Mimik und anderer motorischer Variablen nicht von der Hand zu weisen; solchen Synchronisationen werden wir in unserem Projekt zur Soziophysilogie von Therapiesystemen vermehrtes Augenmerk zuwenden.

Kapitel 9

Diskussion, Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Prozessgestalten umreissen ein Forschungsprogramm für die Psychologie, das aus verschiedenen Bestandteilen aufgebaut ist und auf verschiedenen Ebenen zur Wirkung kommt. Hier zunächst ein kurzer Überblick zu der abschliessenden Diskussion, der dieses Kapitel gewidmet ist:

- Im Bereich der *empirischen* Forschung beinhaltet der Ansatz der Prozessgestalten eine verstärkte Hinwendung zur Einzelfallforschung und zur Analyse von Dynamiken. Es ist eine bedauerliche Fehlentwicklung, wenn die Untersuchung komplexer und "selbstreferentieller" Systeme manchenorts zu einem empiriefreien postmodernen Diskurs geraten ist. Komplexität und Musterbildung muss qualitativ *und* quantitativ erforscht werden. Ein meiner Ansicht nach wesentlicher Impuls für die wissenschaftliche Psychologie kann doch gerade aus den quantitativ-methodischen Innovationen entstehen, die die Theorie dynamischer Systeme anzubieten hat.
- Auf einer *theoretischen* Ebene versucht dieses Programm an eine allgemeine Theorie komplexer dissipativer Systeme anzuschliessen; wie sich besonders in der Psychologie, aber zunehmend auch in anderen Disziplinen zeigt, wird diese Theorie in Richtung auf eine Konzeptualisierung von Endosystemen zu erweitern sein.
- Zum Bereich der *angewandten* Psychologie möchte ich weiterhin erörtern, wie die Konzepte in Bezug zur Praxis stehen oder gestellt werden können. Mein besonderes Augenmerk gilt dabei der Psychotherapie, wo die Rezeption systembezogener Begrifflichkeit bereits vor längerer Zeit begonnen hat.

9.1 Diskussion der empirischen Ergebnisse

9.1.1 Resümee aus den empirischen Studien

Ich begann meine Darstellung der empirischen Studien zur Gestalt von Dynamiken mit einer **Untersuchung psychosozialer Krisen** und Krisenintervention (Tschacher, 1996; Abschnitt 8.1). Wie zu erwarten, lassen sich für die ganze Stichprobe von 34 Patienten charakteristische summierte Verläufe der Krisen in den erhobenen

Variablen nachzeichnen. Ich erstellte nun lineare Zustandsraummodelle für den Verlauf jedes einzelnen Patienten; dabei können die korrelativen Wechselwirkungen zwischen den zeitverschobenen Variablen herausgearbeitet werden. Hier zeigt sich ein offenbar ganz anderes Bild: jedes individuelle Modell trägt eine eigene Prägung. Diese *individuelle* Eigenart ist aber durchaus nicht unvereinbar mit der deutlichen *Gruppencharakteristik*, sondern fügt sich in eine Reihe von Belegen die zeigen, dass signifikante Muster auf der Stichprobenebene kaum etwas darüber aussagen lassen, wie die Verläufe sich im einzelnen effektiv gestalten. Im Falle der Krisen lässt sich belegen, dass die resultierenden Krisenpfade (genauer: die linearen Zustandsraummodelle davon) immerhin sinnvoll gruppiert und klassifiziert werden können. Die Modelle beachten nicht die absoluten Niveaus etwa der Stimmung, sondern nur die Wechselwirkungen; dennoch ermöglichen sie es, einen Cluster depressiver Patienten von Clustern mit Kontrollgruppenmitgliedern und von nichtdepressiven Krisenpatienten zu differenzieren. Hier ergeben sich also Belege dafür, dass die Betrachtung von zeitlichen Strukturen, die in bisherigen Studien zu diesem Thema völlig unbeachtet blieben, von differentieller Bedeutung in psychosozialen Krisen sind.

Genau dasselbe gilt für die **multivariate Soteriastudie** (Abschnitt 8.3.4), die sich mit der Frage befasste, ob und wie die einzelnen Symptome und Symptomkomplexe in Schizophrenieverläufen miteinander verknüpft sind. Dies ist eine zentrale Frage der Schizophrenieforschung, zu der Hunderte von Studien veröffentlicht sind. Die überwiegende Zahl dieser Studien geht den Weg der Querschnittsuntersuchung; allenfalls werden Querschnitte wenige Male in längeren Abständen wiederholt. In diesen etablierten Untersuchungsdesigns ist eine wesentliche Prämisse versteckt: Symptome seien eine Art stabiles Attribut eines untersuchten Patienten. Wenn aber nun im Gefolge einer dynamischen Fragestellung tägliche Ratings von schizophrenen Menschen erstellt werden, zeigt sich zunächst einmal deutlich die hohe tägliche Variabilität aller Masse von Psychotizität, auch der des als besonders unveränderlich angesehenen Negativsyndroms. Betrachtet man das Ergebnis meiner zeitreihenanalytischen Studie, stellen sich die produktivpsychotischen Symptome (Wahn, Halluzination, Derealisation, Verwirrung) als Folge der Negativsymptome und der Erregungsvariablen dar. Dies scheint kongruent zum allgemeinen Befund der Forschung (Negativsymptome kündigen die floriden Symptome an); die zusätzliche Erkenntnis aus meiner Studie — vorausgesetzt sie lässt sich an weiteren Daten erhärten — wäre aber ebenso bedeutsam und im wesentlichen neu: diese zeitliche Abfolge ist auch in der Tag-zu-Tag-Dynamik vorhanden, mithin also in einem Zeitrahmen, der einem natürlichen Fenster der therapeutischen Zuwendung und Interventionsmöglichkeit entspricht. Weiterhin erhält so auch die Auffassung Unterstützung, die die psychotischen Symptome als eine Art Bewältigungsversuch einer oder mehrerer zugrundeliegender Dysfunktionen ansieht.

Die allgemeinste Formulierung des Gedankens der Prozessgestalten, der eigentliche Theoriekern des dynamischen Forschungsprogramms, besagt, dass die serielle, zeitliche Information eine wesentliche Erkenntnisquelle darstellt. Dies konnte an den

beiden genannten Studien (Krisenstudie und multivariate Soteriastudie) plausibel gezeigt werden.

Die Datensätze hatten in beiden Fällen eine zeitliche *und* eine querschnittshafte Erstreckung, was auch Gruppenvergleiche von longitudinalen Parametern und Zeitreihenmassen ermöglicht. Andere Daten aus dem Bereich der Psychopathologie, die als einzelne lange Zeitreihen vorliegen, gestatten es nun, Prozessgestalten genauer zu spezifizieren, bzw. zu entscheiden, ob es sich bei den Verläufen überhaupt um gestalthafte, strukturierte Zeitreihen handelt.

Das Mittel zu dieser Spezifikation ist ein *Klassifikationschema*, das in Abschnitt 8.2.1 vorgestellt wird; es basiert auf einem Bootstrap-Ansatz, mit dessen Hilfe unterschiedliche Einzelzeitreihen gegen eine artifizielle Kontrollgruppe (die Surrogate der Zeitreihe) getestet werden können. Als Prozessgestalten sollen danach nur solche Dynamiken gelten, die weder rein stochastisch sind, noch linear-stochastische AR(1) oder generell ARMA(p,q)-Prozesse sind. Solche Prozesse kann man im Kontext der Psychopathologie als "dynamische Krankheiten" bezeichnen.

Es zeigt sich, dass einer Zeitreihe zum **Rauchverhalten** (Abschnitt 8.2.2.1) ebenso wie 8 von 14 univariat untersuchten langen **Schizophrenieverläufen** (Abschnitt 8.2.3) eine niedrigdimensionale nichtlineare Dynamik, also eine Prozessgestalt, zugrundeliegt. Die Verläufe zur Aggressivität und vier der Schizophrenieverläufe sind entsprechend der Surrogattests linear zu modellieren. Nur zwei Verläufe sind völlig stochastisch insofern, als ein deterministischer dynamischer Kern bei ihnen mit Hilfe eines statistischen Surrogattests nicht mehr nachzuweisen ist.

Dieser überwiegende *Nachweis von Prozessgestalten* erscheint mir umso bedeutender, als die zur Verfügung stehenden Daten nicht einer kontrollierbaren Laborumgebung entstammen, sondern im Feld erhoben wurden. Es spricht für die Stabilität der Dynamiken, wenn sie trotz der vielfältigen Einflussfaktoren, die in einer natürlichen Umgebung vorkommen, in der Entwicklung des Systems dennoch bestimmend bleiben. Eine plausible (aber nicht positiv verifizierbare) Möglichkeit ist, dass es sich dabei um chaotische Attraktoren handelt.

Eine wesentliche Facette meiner Theorie der Prozessgestalten ist, dass sie als *selbstorganisierende* Strukturen konzeptualisiert sind. Dieser Vorgang der Selbststrukturierung, der als eine Abfolge von Symmetriebrüchen und, damit einhergehend, eine Zunahme der Systemordnung verstanden werden kann (Tschacher, 1990), sollte besonders dann beobachtet werden, wenn ein System entsteht. Die Psychotherapieforschung ist ein wichtiger Anwendungsbereich des Selbstorganisationsansatzes; hier ist eine Grundannahme, dass die Beziehungsdynamik (das psychosoziale System) von Patient und Therapeut als Prozessgestalt verstanden werden kann. Wenn dies so ist, sind Psychotherapieprozesse eine gute Gelegenheit, die Evolution von Prozessgestalten zu untersuchen: Therapiesysteme haben einen genau definierten Anfang und ein (meist) genau definiertes Ende.

Die *Grundthese der Selbstorganisation* lautet also entsprechend der Versklavungsannahme der Synergetik (s. Abschnitt 3.2.2): Die Ordnung von Therapiesystemen nimmt im Zuge der Behandlung zu. Diese Hypothese konnte an 28 ausführlich

dokumentierten **Psychotherapien** der psychologischen Praxisstelle der Universität Bern geprüft werden (Tschacher & Grawe, 1996; Abschnitt 8.3.2); der Effekt im Sinne der Hypothese ist sehr signifikant. In einer Einzelfallstudie einer systemischen **Paartherapie** (Tschacher & Scheier, 1995; Abschnitt 8.3.1) zeigt sich derselbe Effekt bei einer völlig anderen Datenerhebungsmethode (Fremdratings von 3-min-Epochen des Therapiegeschehens). Es scheinen sich also in therapeutischen Settings unterschiedlicher Art (Beispiele von Gesprächspsychotherapien, heuristischen Psychotherapien, verschiedenen Arten von Verhaltenstherapien und einer systemischen Paartherapie liegen vor) verlässlich Strukturen zu entwickeln, die die Ordnung der therapeutischen Beziehungsdynamik erhöhen.

Die Selbstorganisationshypothese ist sehr abstrakt; in der Psychologie und Therapieforschung interessiert natürlich, womit die Ordnung oder Komplexität eines Therapiesystems (TS) zusammenhängt. Dieser explorativen Frage widmet sich Abschnitt 8.3.3. Es zeigt sich, dass die Ordnung des TS die Qualität der Therapiebeziehung reflektiert. Betrachtet man ausserdem die Effektstärken des Therapieoutcomes der untersuchten Therapien, zeigen sich eine Reihe von signifikanten positiven Korrelationen zwischen TS-Ordnung und dem Therapieerfolg (etwa Verbesserungen bezüglich Angst, Selbstbild, Zwanghaftigkeit, Depressivität, soziale Unsicherheit, sowie verschiedenen direkten Veränderungseinschätzungen). Einige wenige Korrelationen sprechen für den entgegengesetzten Effekt: Schuldgefühle etwa verbessern sich eher im Rahmen einer nicht zu engen, zu geordneten Therapiebeziehung. Insgesamt scheint der Aspekt der TS-Ordnung, der der Theorie der Prozessgestalten im Kontext von Psychotherapien entstammt, eine wichtige Variable der Behandlungsqualität bereitzustellen, die bislang kaum beachtet wurde. Die mögliche Übersetzung in die Therapiepraxis werde ich in Abschnitt 9.3 erörtern.

Ein weiterer Schwerpunkt der empirischen Studien in Kapitel 8 fokussiert auf **Gruppen** und ähnliche psychosoziale Systeme (PSS), also auf sozialpsychologische Fragestellungen. Die klinischen Studien, die eben zusammengefasst wurden, sind im Grunde auch Studien zu PSS, und sind daher auch für die Sozialpsychologie relevant. In einer Gruppenentwicklungsstudie (Abschnitt 8.4.1), der wechselseitige Einschätzungen auf den SYMLOG-Dimensionen zugrundegelegt wurden (Brunner et al., 1994), zeigt sich wieder der Ordnungsbildungseffekt entsprechend den Psychotherapiestudien, wobei zugleich auch die Varianzen der SYMLOG-Variablen (die potentielle Entropie) zunehmen. In dieser Gruppe können zudem Punkte der grössten Veränderung ausgemacht werden, die in der Sprache der TDS als Phasenübergänge bezeichnet werden können. Gruppenbildung wäre als ein Vorgang sich aneinander anschliessender Prozessgestalten anzusehen; diese Auffassung muss in Zukunft erst noch mit eingeführten sozialpsychologischen Begriffen in Zusammenhang gebracht werden; dann können die Auswirkungen von dynamischen Gestalten auf Gruppenebene zusammen mit Vorgängen wie der Rollendifferenzierung und der Ausgestaltung von Rollen durch Individuen in der Gruppe thematisiert werden.

In weiteren PSS wurden beispielhaft lineare Modelle der Interaktionen berechnet. Dies gelingt allerdings nicht in Studie 8.4.4, die die Gestimmtheiten von Mann und

Frau zu modellieren sucht: die Partner scheinen nicht aufeinander einzuwirken, sondern lediglich einem parallelen autoregressiven Prozess zu folgen. Testet man die Einzelverläufe in diesem Paarsystem mit dem oben beschriebenen Klassifikationschema gegen Surrogate, zeigt sich ein evtl. gewichtiger Befund — die Gestimmtheit der Frau trägt Zeichen von Nichtlinearität, die auf eine Prozessgestalt auf der kognitiv-emotionalen Ebene hinweisen, die Gestimmtheit ihres Partners dagegen nicht. Es ist leicht möglich, dass diese Konstellation im linearen psychosozialen Zustandsraummodell zu einem falsch-negativen Ergebnis führt.

Auch für den Bereich der Sozialpsychologie liegen damit Ergebnisse vor, die für die Fruchtbarkeit des dynamischen Ansatzes sprechen; zumindest gilt dies für Fragestellungen, die sich psychosozialen Systemen zuwenden. Es scheint mir gerade auch angesichts der in viele einzelne theoretische Ansätze aufgefaserten Disziplin der Sozialpsychologie wichtig, eine integrative Plattform zu formulieren, von der aus sozialpsychologische Forschung betrieben werden kann.

Im Überschneidungsbereich zwischen Sozialpsychologie und Therapieforschung liegt eine Studie, die einem Projekt zur **Soziophysiologie** entnommen ist (Abschnitt 8.6). Ich untersuche die "starke Kopplungshypothese" auf der Basis von Korrelationen des Atemverhaltens von Patientin und Therapeutin während 10 Psychotherapiesitzungen. In den bislang untersuchten Abschnitten dieser Therapie konnte die starke Kopplungshypothese nicht bekräftigt werden. Während also diese Methode der Untersuchung soziophysiologischer Kopplungen ein m.E. elegantes Vorgehen zum Studium der Selbstorganisation von PSS darstellt, fand ich bisher (beim Parameter Atmung) keine Evidenz für direkte Phasenkopplungen.

Im Feld der **Physiologie** untersuchte ich weitere Zeitreihen: aus EKG-Ableitungen wurden Zeitreihen von Interbeat-Intervallen errechnet, die dynamisch modelliert werden konnten. Die Herzaktivität wurde in einem Fall (6-jähriger Junge) als nichtlineare Prozessgestalt "diagnostiziert"; im anderen Fall (39-jähriger Mann) war das Ergebnis weniger eindeutig. Bei der Untersuchung von Zeitverläufen, die die **Entwicklung des Schlafverhaltens** bei Neugeborenen abbilden, ergab sich eine Phasenabfolge von unterschiedlichen dynamischen Regimes. Die erste Entwicklungsstufe nach der Geburt zeigt zufälliges Schlafverhalten; nach ein bis zwei Monaten emergieren nichtlineare Schlafregimes ganz im Sinne von Prozessgestalten.

Um ein Fazit über alle empirischen Befunde zu versuchen: es ergaben sich viele Hinweise dafür, dass ein Forschungsprogramm auf der Basis der Dynamik und Komplexität psychologischer Sachverhalte mit Gewinn von der Psychologie und Psychiatrie eingesetzt werden kann. Durch dieses Forschungsprogramm, das ich in Tschacher (1990) zu formulieren begann, wurden bislang nicht beachtete Phänomene erforscht sowie neue Fragestellungen und Hypothesen entwickelt. Das Programm der Prozessgestalten knüpft an alte Forschungstraditionen der Psychologie an und verbindet diese mit modernen disziplinübergreifenden Ansätzen. Nicht zuletzt lassen sich dadurch philosophische Probleme, die wie das Subjekt-Objekt-Problem die Psychologie betreffen, neu formulieren und diskutieren. Auf diese theoretischen Aspekte werde ich in diesem Kapitel noch zurückkommen.

9.1.2 Diskussion methodologischer Innovationen

Neben ihrer heuristischen Fruchtbarkeit spricht für die Theorie dynamischer Systeme und die Synergetik im Zusammenhang psychologischer Anwendungen besonders, dass sie neue Methoden für psychologische Fragestellungen anbieten und zur Entwicklung neuer Methoden beitragen. Dieses methodologische Angebot der Prozessgestalten hat zwei Seiten: die eine betrifft die vermehrte Beachtung der Zeitlichkeit und Dynamik insgesamt; die andere betrifft die Erweiterung der bereits eingeführten zeitreihenanalytischen Methodik in der Psychologie um den weiten Bereich der nichtlinearen Verfahren.

Die eingeforderte verstärkte Hinwendung der Psychologie zu **Zeitreihenmethoden** hat auf der Hand liegende Vorteile:

- die quantitative Beschreibung von *Einzelsystemen* wird wesentlich präzisiert und realitätsnaher (die Praxis hat es doch stets mit Einzelsystemen zu tun und nicht mit Stichproben);
- die Beschreibung erfasst neue relevante (nämlich *zeitliche*) Aspekte von Sachverhalten. Auch dadurch wird die Methodologie anwendungsnäher: Anwendungen beziehen sich immer auf Systeme, die sich in der Zeit verändern und entwickeln; pragmatische Ziele betreffen in aller Regel die Beeinflussung solcher Entwicklung.

Wenn also der Kerngedanke der Prozessgestalten zutrifft ("die Zeitlichkeit psychologischer Sachverhalte enthält wesentliche Informationen über diese Sachverhalte"), so kommt durch Zeitreihenmethoden gewonnenen Resultaten potentiell eine höhere Validität zu als Resultaten, die nur auf Parametern von Querschnittsstichproben basieren. In der wissenschaftlichen Psychologie existiert dennoch nach wie vor eine Verengung des Blicks auf solche Fragen, die mit einer gruppenvergleichenden Statistik angegangen werden können. Die Untersuchung von Prozessgestalten dagegen erfordert eine Behandlung der Art und Weise, wie in einem System kontinuierlich Zustände aus Zuständen desselben Systems evolvieren. Diese Evolution gilt es zu modellieren, und es müssen daran anschliessend Kriterien gefunden und eingesetzt werden, die die Bedeutsamkeit der Modellparameter einschätzen lassen.

Ein in der psychologischen Methodenlehre nicht ausreichend diskutiertes Thema ist, wie sich wiederholte Messungen (v.a. bei Selbsteinschätzungen) auf die Daten auswirken. Es ist zu vermuten, dass die Aufmerksamkeit bei Erhebung von Verlaufsdaten (Ermüdungseffekte und/oder Aufmerksamkeitszuwendung) variiert; welche Dynamik dabei entsteht, ist eine komplizierte Frage. Ich habe solche Aspekte von Reflexivität unter dem Stichwort **Selbstmodellierung** in komplexen Systemen (dann **Endosystemen**) diskutiert (s. Kapitel 7). Meine Annahme, die sich auch auf anekdotische Beobachtungen an unterschiedlichen Systemen stützt, ist, dass Selbstmodellierung die Komplexität von Prozessgestalten erhöht. In statistischen Begriffen gesagt, ist bei "reaktiven Erhebungen" mit einer zusätzlichen Fehlerkomponente ("dynamical noise") zu rechnen. Die höhere Validität hat man sich also u.U. auf Kosten einer geringeren Verlässlichkeit von Ergebnissen erkaufen müssen. Das Wort "Fehler" ist

hier allerdings irreführend, da ich die Meinung vertrete, dass Endosysteme ihre Komplexität erhöhen können, ob nun eine Datenerhebung stattfindet oder nicht. Der höhere "Fehleranteil" ist eine essentielle Eigenschaft des Endosystems, nicht des Beobachtungsaktes an sich.

Eine wesentliche Neuerung steht der psychologischen Zeitreihenanalyse dadurch bevor, dass verstärkt auch **nichtlineare Modelle** und Verläufe beachtet werden müssen. Die Chaostheorie hat gezeigt, dass die wichtige und ubiquitäre Klasse der chaotischen Attraktoren nur in nichtlinearen Systemen vorkommen kann. Ich konnte auch bei den in Kapitel 8 untersuchten Datensätzen mehrfach aufzeigen, dass lineare Zeitreihenmodelle die Serialität der Prozesse nicht hinreichend gut erfassen. Es konnte aber auch demonstriert werden, dass eine breite (und ständig sich erweiternde) Palette von Verfahren bereits zur Verfügung steht, die eine nichtlineare Analyse von univariaten Zeitreihen erlauben (vgl. Scheier & Tschacher, 1994a,b).

Im multivariaten Fall besteht noch — wie ja fast im gesamten psychologischen Methodenkanon — eine Beschränkung durch die Linearitätsannahme. Diese trifft auf Zustandsraum-Modelle zu, auf Ordnungsabschätzungen über die Kovarianzen oder auf die Hauptkomponentenanalysen, die in den "Prozessgestalten" verwendet wurden. Nichtlineare Verfahren werden erst seit kurzem entwickelt und verfügbar (Tong, 1990). Eventuell wird sich die Signalanalyse mit Hilfe selbstorganisierender neuronaler Netze und konnektionistischer Ansätze als gangbarer Weg bei der nichtlinearen multivariaten Zeitreihenanalyse erweisen (Kosko, 1991; 1992).

Abschliessend soll noch auf eine Methode hingewiesen werden, die meiner Meinung nach in eleganter Weise Auswege aus methodischen Problemen der Einzelfallanalyse und Zeitreihenanalyse bereitstellt: der *Bootstrap-Ansatz* (s. Abschnitt 8.2). Der Begriff "Bootstrapping" verweist auf die Kunst, sich durch Ziehen an den eigenen Schnürsenkeln in die Luft zu erheben: Dadurch, dass aus einer beobachteten Zeitreihe artifizielle Vergleichszeitreihen generiert werden können, die die Funktion einer Kontrollgruppe oder einer Nullhypothese einnehmen, kann systematisch eine Klassifizierung dieser Zeitreihe erfolgen, die auf statistisch abgesicherten Urteilen basiert, ohne dass eine wirkliche Kontrollgruppe erhoben werden muss. Bootstrap-Verfahren sind auf einfache Weise standardisierbar, so dass im wissenschaftlichen Austausch der Forschungsgruppen im Laufe der Zeit eine **Bibliothek von Effektmassen** zusammengestellt werden kann, die besagt, wie sich bestimmte Zeitreihen (oder Zeitreihen vergleichbarer Herkunft) in Bezug auf bestimmte dynamische Kennwerte oder Invarianten verhalten. In den empirischen Untersuchungen zu den Prozessgestalten verwendete ich zwei solcher Invarianten: die Komplexität (algorithmische Komplexität nach Rapp et al. (1991)) und die Vorhersagbarkeit nach Sugihara & May (1990) sowie Kennel & Isabelle (1992). Durch entsprechende Präparation der Surrogatdatensätze konnten wir diese beiden Dynamik-Kennwerte gegen drei verschiedene Nullhypothesen prüfen: gegen die Zufallshypothese (Surrogate: Ausgangsdaten in zufälliger Reihenfolge); gegen die Linearitätshypothese (Surrogate:

Realisationen des mit den Ausgangsdaten gefitteten Ornstein-Uhlenbeck-Prozesses); gegen die allgemeine Linearitätshypothese (phasenrandomisierte Surrogate mit identischem Fourierspektrum).

Beliebige weitere Kennwerte (z.B. verschiedene Dimensionalitätsmasse, Lyapunov-Exponenten, Komplexitätsmasse, Modellparameter neuronaler Netze) sowie zusätzliche, immer sophistiziertere Nullhypothesen können in das methodologische Schema des Bootstrapsatzes eingearbeitet werden — das Vorgehen folgt einem Baukastenprinzip. Die Methode kann in Einzelfallstudien, wofür sie entwickelt wurde, hypothesenprüfend eingesetzt werden; sie bietet sich aber aufgrund ihrer einfachen Standardisierbarkeit besonders auch als Grundstock für spätere *Metaanalysen* an.

9.2 Bedeutung der Prozessgestalten in theoretischer Hinsicht

9.2.1 Homunkuli und Selbstmodellierungsgrad

Eine Absicht, die ich mit der Konzeptualisierung der Prozessgestalten verfolge, ist psychologiehistorisch relativ alt: die Vermeidung von Theorien mit versteckten Homunkuli. Gerade die Gestaltpsychologie suchte solche Pseudoerklärungen zu entlarven, und bezog beispielsweise Stellung gegen den damals noch bedeutenden Vitalismus. Dieser war insofern eine typische "Homunkulus-Theorie", als er die zu erklärenden Phänomene des Lebens durch die Postulierung einer Vitalkraft zu erklären suchte. Wer oder was aber vitalisiert die Vitalkraft? In späterer Zeit erwies sich etwa die inzwischen "klassische", auf sprachnaher Symbolverarbeitung basierte Künstliche Intelligenz als eine Scheinerklärung von wirklicher Intelligenz: wie sich in allen Implementationen zeigte, musste der (menschliche) Wissensingenieur vorausschauend die KI-Computer mit intelligent präparierten Wissensbasen ausstatten, um intelligentes Verhalten der Maschinen zu simulieren; die "physical symbol systems" konnten nicht sinnvoll lernen und lernten nicht, mit neuen Anforderungen umzugehen.

Was versuchen nun die Prozessgestalten zu erklären? Wie vermeiden sie es, auf einen Homunkulus zu rekurren?

Die wesentlichen Explananda in komplexen Systemen im Bereich der Psychologie sind nach meiner Auffassung die beiden folgenden:

- 1.) Wie kommt es zu geordneten Abläufen, zur **Musterbildung** angesichts des hochdimensionalen Chaos an verfügbaren Reizen und angesichts der hohen Komplexität des sich verhaltenden kognitiv-emotionalen Systems (KES) oder psychosozialen Systems (PSS) selbst?
- 2.) Wie kann man erklären, dass das Verhalten komplexer psychologischer Systeme (KPS) sich in der Regel sinnvoll und **adaptiv** auf die gegebene Umwelt bezieht?

Die erste Frage ist die Frage nach der ordnenden Instanz, die zweite Frage die nach

der Steuerung und Kontrolle der Ordnung. Offensichtlich sind dies wieder die klassischen Fragen, die am bequemsten mit dem Verweis auf einen Homunkulus erledigt werden können, der ordnen sowie steuern und kontrollieren kann.

Welche Antworten werden in der psychologischen Wissenschaft gegeben? Soweit ich dies überblicken kann (dazu bedarf es einer wissenschaftstheoretischen oder philosophischen Diskussion, die ich hier nicht leisten kann), gibt es zwei Klassen von Antworten: die dogmatischen und die infinit-regredierenden. Die dogmatischen Theorien sind die eigentlichen Homunkulus-Theorien; sie verweisen auf eine Instanz, welche das Ordnen und Steuern besorgt: der Wille; das Ich, Über-Ich und Es; höhere Hirnstrukturen; Neurotransmitter; zentrale Komparatoren; das Bewusstsein. Diese Instanz kann dann aber prinzipiell nicht vollständig aufgeklärt werden. Die andere Klasse verweist bei den gestellten beiden Fragen auf stets weitere Instanzen, die in einen infiniten Regress einmünden (z.B.: was ordnet das Verhalten? — die physikalischen Stimuli, die sozial vermittelt sind, deren soziale Bedeutung durch kulturelle Prozesse bestimmt ist, dieses neuronal repräsentiert ist ...). Es kann geschehen, dass bei diesen "psycho-bio-sozialen" Regressen bereits vorher genannte Antworten auftauchen; dann ist der Regress in einer Schleife gefangen, und wir treffen sozusagen auf einen dogmatischen (zirkulären) Homunkulus höherer Ordnung. Ein Beispiel für eine Schleife ist: das Verhalten, das durch verstärkende Reize erklärt wird, deren Verstärkungscharakter wiederum durch Verhaltensbeobachtungen bestimmt wird. Eine valide Erklärung dagegen muss finit und prinzipiell vervollständigbar sein. Ein Beleg für eine Erklärung in der Psychologie und den Naturwissenschaften ist unter anderem ihre Synthetisierbarkeit und Simulierbarkeit: es müssen paradigmatische Systeme, Maschinen, Modelle, Präparate gebaut werden können, die das Explanandum aktiv produzieren können.

Meine Antworten auf die gestellten Fragen habe ich bereits in Kapitel 7 gegeben. Es handelt sich meiner Meinung nach um zwei Formen von *Prozessen* in komplexen Systemen, die erstens Musterbildung und zweitens Adaptation der Musterbildung gewährleisten können: das erste ist das **Selbstorganisationphänomen**, das in offenen dissipativen (also gleichgewichtsfernen) Systemen immer auftritt, wenn diese Systeme hinreichend komplex sind. Diese Erklärung nennt also Bedingungen, unter denen die Antwort gegeben werden kann: Dissipativität und Komplexität. Die zweite Frage kann nach meiner Ansicht nur durch ein "**darwinistisches**" **Selektionsprinzip** befriedigend beantwortet werden. Dieses Prinzip ist das Optimalitätsprinzip bei der Selbstorganisation von offenen Systemen in dissipativen Kontexten, welches diejenige Mode (bzw. in KPS: denjenigen Verhaltenskern) auswählt, durch die (bzw. den) das an das System angelegte Nichtgleichgewicht am besten abgebaut wird. Man kann dies als ein allgemeines Spannungsreduktionsprinzip ansehen, wenn man "Spannung" nicht als eine mechanische Newtonsche Grösse identifiziert, sondern als eine Valenz.

Diese theoretische Grundlegung der Prozessgestalten kann die gestellten Fragen am klarsten und einfachsten beantworten. Es scheint mir dadurch aber lediglich ein Anfang gemacht zu sein; die Schablone der Antwort liegt vor, die Durchführung im Sinne der Übertragung in psychologische Terminologie konnte ich in Grundzügen

umreißen. Dabei kann und soll die Psychologie nicht neu entdeckt und geschrieben werden; nicht schon wieder ein "neues Paradigma"! Anders als oft in der Wissenschaftsentwicklung sollen bereits bestehende Lösungen in einen neuen Strukturzusammenhang eingebettet werden, und man wird erwarten können, dass sie auch dort funktionieren.

In Abschnitt 6.1 habe ich die Möglichkeit angesprochen, dass man ein System von innen her beschreiben muss. Diese "Heisenberg-Messung" oder allgemeiner, die **endosystemische Perspektive** entsteht, wenn die Messung selbst das Gemessene verändert, oder der Beobachter am Systemzusammenhang partizipiert, oder das System mehrere interagierende (gekoppelte oder konkurrierende) Beobachter umfasst. Die logische Struktur all dieser Systeme hat eines gemeinsam: ein gewisses Ausmass an Selbstmodellierung (SM) des Systems. Ich habe mehrfach auf den durch hohes SM entstehenden infiniten Regress hingewiesen, der entsteht, wenn ein Endosystem vollständig beschrieben werden soll (s. Abb. 6.3). Mit anderen Worten: Endosysteme laufen dem Versuch, wissenschaftliche Objektivität zu erlangen, zuwider (das Subjekt-Objekt-Problem der philosophischen Erkenntnistheorie). Auf der Basis des oben Gesagten ausgedrückt: Endosysteme infizieren die Erklärung eines Sachverhalts gewissermassen mit so vielen Homunkuli, wie partizipierende Beobachter im Sachverhalt enthalten sind. Die Folge davon ist eine stete Produktion von Komplexität (Ungewissheit, Neuigkeit, Information), was in Abschnitt 7.2 als Diversifikation eines Systems bezeichnet wurde.

Angesichts dieser begründeten Skepsis, was die Möglichkeit einer objektiven Exo-Beschreibung angeht, stellt sich die Frage, wie gravierend sich die durch Heisenbergmessungen eingeführte Unschärfe in der Psychologie bemerkbar macht. Den durch die Autopoiesetheorie und den "radikalen Konstruktivismus" beschriebenen prinzipiellen Standpunkt habe ich in Abschnitt 7.2 (s. Abb. 7.5) dadurch relativiert, dass Fallunterscheidungen gemacht werden können. Folgende Kategorien von Endosystemen sind demnach denkbar:

1.) Ausdämpfung: Die Attraktoreneigenschaften selbstorganisierter Muster können die durch SM hervorgerufenen Rückkopplungen u.U. so ausdämpfen, dass keine qualitative Änderung der Prozessgestalt eintritt. Die Komplexitätsreduktion durch Selbstorganisation bleibt dem Betrag nach grösser als die Komplexitätszunahme durch SM:

$$\left| \frac{dE_H}{dt} \right| > \frac{dE_V}{dt}. \quad (\text{IX.1})$$

In dieser Gleichung bedeuten E_H die "horizontale" Komplexität, die sich durch den Versklavungsprozess ändert, und E_V die vertikale, durch Selbstmodellierung entstehende Komplexität (vgl. Gleichung (VII.2)).

2.) Diversifikation: Die Einwirkung durch SM führt zu einer qualitativen Veränderung der Prozessgestalt, d.h. zu einem nichtstationären System. Das Endosystem durchläuft also Phasenübergänge, wird instabil und nichtstationär in dem Sinne, dass es zwischen verschiedenen Prozessgestalten wechselt. Diese Evolution von Prozessgestalten bezeichne ich als Diversifikation. Es bleibt aber Gleichung (IX.1) gültig, das System bleibt geordnet und attrahierend (homöostatisch). Mit empirischen Methoden kann man etwa ein c_1 -System nachweisen (vgl. Abschnitt 8.2.1): ein nichtlineares dynamisches System mit Stochastizität.

3.) Stochastisches Endosystem: Wenn in selbstorganisierten Endosystemen Gleichung (IX.1) nicht gilt, erscheint das System phänomenologisch als stochastisches a-System. Die Musterbildungsprozesse sind unter der Nachweisgrenze, die Vorhersagbarkeit etwa nach der Methode von Sugihara & May (Abschnitt 3.1.2.2) verschwindet. Die Regelmäßigkeit solcher Systeme entzieht sich einer Objektivierung.

Mit dieser Erweiterung des Selbstorganisationsansatzes auf die Endosysteme sind zwei Optionen verbunden: zum einen sind die Annahmen empirisch umsetzbar und prüfbar, zum andern können aus ihnen Hypothesen für den Umgang mit Endosystemen gewonnen werden. Bevor ich mich letzterem in Abschnitt 9.3 zuwende, möchte ich die theoretische Diskussion mit einer Erörterung des Problems des psychologischen Selbst abschliessen.

9.2.2 Das psychologische "Selbst" als diversifizierendes Endosystem

"Selbst" ist zunächst nur ein Wort; es bezeichnet keine feststehende Entität oder Substanz, sondern einen Operator, der allein in Verbindung mit einem logischen Prädikat Sinn ergibt. Anders in der psychologischen Literatur: hier wird "das Selbst" als ein Begriff für eine direkt nur der Introspektion zugängliche psychische, persönlichkeitspezifische Struktur verwendet, der synonym oder verwandt zu vielen weiteren Begriffen ist: Ich, Bewusstsein, proprium, mind u.a. (vgl. James, 1890; Menninger, 1946; Mead, 1934; Kohut, 1971). Es gibt eine Fülle von Facetten des Selbst-Begriffs: die eher umfassende Bedeutung des sozialen Selbst (als Summe der sozialen Rollen, die eine Person übernimmt), die des materiellen Selbst, sowie die von James als "spirituelles Selbst" und "Ego" bezeichneten psychologischen Anteile. Es geht mir hier um die letztere Variante, das psychologische Selbst.

Man sollte sich dem Thema auf eine introspektive (endopsychologische) Weise nähern, um ein Gefühl für die Merkwürdigkeit des Konzepts "Selbst" zu bekommen. Zunächst aber erscheint die Tatsache eines eigenen Selbst nicht als merkwürdig, sondern definitiv als eine Selbstverständlichkeit. Nichts scheint evidenter als das Vorhandensein des eigenen Bewusstseins. Diese Vertrautheit ist intuitiv und spontan vorhanden, und bildet gewissermassen den Hintergrund des täglichen Verhaltens und Denkens. Viele philosophische Systeme (z.B. die Philosophien Descartes' und

Hegels) betrachten dies als unmittelbar evident, und wählen Selbstbewusstsein als Ausgangspunkt für alle weiteren Erkundungen. Diese Selbstverständlichkeit schwindet jedoch, wenn man etwa bedenkt, dass das Selbst offenbar das einzige Objekt in meiner Welt ist, das zugleich auch Subjekt ist — oder vor eben dieser Reflexion gerade noch war. Wer ist "ich", sobald ich mein Selbst bedenke? Ist meine Identität repräsentiert durch das Selbst, wie gerade eben noch als selbstverständlich empfunden? Oder ist "ich" das plötzlich hervorgetretene Subjekt, das über das Selbst kogniziert? Im Moment der Metakognition differenziert sich mein Selbst also in Subjekt und Objekt; bei skrupulösem Nachdenken entsteht das Problem des infiniten Regresses, dem man in Endo-Zusammenhängen mit hohem Selbstmodellierungsgrad stets begegnet (Kampis, 1994). Danach jedoch schliesst sich in der Regel diese Subjekt-Objekt-Grenze nahtlos wieder.

Im "unphilosophischen" Alltag empfinde ich diese Vorgänge (erstaunlicherweise) nicht als merkwürdig; ich störe mich nicht an den beteiligten logischen Paradoxien (bzw. unmöglichen topologischen Körpern: Mann, 1992). Ich betrachte dieses logische "Monstrum" (im Sinne von Mandelbrot, 1987) des Selbst im Gegenteil als zentral und identitätsstiftend.

Offenbar aber gibt es Personen, denen das Selbst wirklich zum Problem wird. Viele Schizophrene etwa sind bezüglich seiner merkwürdigen Selbstverständlichkeit nicht so nachsichtig mit sich selbst. Sie berichten Gefühle der Depersonalisation, des Zerfalls und der Fragmentierung der Identität; sie stellen sich (wie ja auch Kinder) schwere Fragen à la: "wenn ich derjenige bin, der in den Spiegel schaut, wer ist dann der im Spiegel?" (Kimura, 1992).

Das Selbst im Bewusstsein seiner selbst führt eine Operation durch, bei der es sowohl aktiv als auch passiv, sowohl Subjekt als Objekt ist (Bohr, 1963). Mit anderen Worten: wenn das Selbst versucht, über sich selbst nachzudenken, entsteht eine Menge, die sich selbst zum Element hat. Whitehead & Russell (1913) haben gezeigt, dass solche Mengen fast stets in nicht auflösbare logische Widersprüche führen, in Paradoxien. Ist also das Selbst paradox?

Es sind Strategien denkbar, die geschilderte rekursive Situation zu "entparadoxifizieren" (Tschacher & Rössler, 1996): eine davon wurde bereits beschrieben als die Differenzierung des Selbst in einen Subjekt- ("I") und einen Objekt-Anteil ("me", nach James) im Moment der Selbstreflexion. Diese Aufspaltung schreitet im Prinzip in endloser, selbstähnlicher Einschachtelung fort (s. Abb. 9.1). Einer plausiblen Erklärung für die Kontinuität und "Selbstverständlichkeit" des Selbst kommen wir auf diese Weise nicht näher. Im Gegenteil: Endlose Selbstreflexion erhöht die Komplexität und Diversifikation des Selbst, sie labilisiert das Selbst.

Offensichtlich muss also ein Ordnungsprozess den Komplexitätszuwachs des sich seiner selbst bewussten Selbst austarieren — wir betrachten also wieder die selbstorganisierende Funktion des kognitiv-emotionalen Systems KES. Das Charakteristikum des Selbst ist ja seine attrahierende Eigenschaft, insofern es Ordnung (das Erleben von "Identität" (Eiser, 1993)) erzeugt in der überwältigenden Vielfalt zu verarbeiten-

der Umgebungsinformation und intern erzeugter kognitiver Ereignisse.

Das Selbst ist also *keine* Struktur, Entität oder Instanz, welche "sich seiner selbst bewusst werden" kann, kein "I" oder Ego im ontischen Sinne, sondern ein Prozess in der Kognition, eine Prozessgestalt in einem (episodischen) Endosystem. Das als Selbst bezeichnete psychische Phänomen ist das Ergebnis eines *dynamischen* Systems.

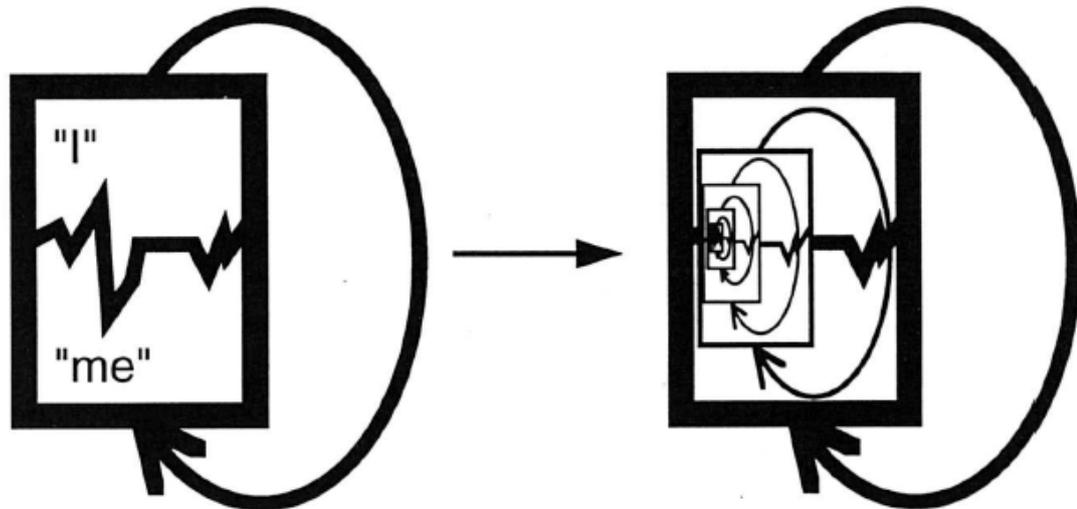


Abb. 9.1. Infiniter Regress der Selbstreflexion, durch den sich die Komplexität des Selbst erhöht

Die Selbstmodellierung durch Episoden von Introspektion, die die Prozessgestalt des Selbst überlagert, führt dazu, dass das Selbst als ein Beispiel für eine permanent evolvierende Dynamik angesehen werden muss, bei der Wechselwirkungen zwischen der erreichten Prozessgestalt und dem inneren Beobachter bestehen. Dies ist analog einer Rückkopplung zwischen Ordnungsparametern und den Kontrollparametern (der Umwelt eines dynamischen Systems). Das Selbst ist damit nichtstationär, in steter Entwicklung begriffen. Die in Abschnitt 9.2.1 getroffene Fallunterscheidung klassifiziert das Selbst als einen Prozess der Diversifikation.

Wenn wir das Selbst als ein Resultat eines dynamischen Systems innerhalb der Kognition auffassen, sollten Eigenschaften und Funktionen des Selbst hypothetisch in dynamischer Terminologie formuliert werden können.

A) Entwicklung des Selbst

Bei der ontogenetischen Entwicklung des Selbst weisen verschiedene Beobachtungen auf die entscheidende Notwendigkeit des *sozialen Kontakts* hin: Voraussetzung für die Entwicklung von Identität und Selbst-Bewusstsein ist die Interaktion mit anderen Individuen der (meist) eigenen Spezies (s. die "Wolfskinder"); soziale

Deprivation führt etwa bei Schimpansen dazu, dass sie sich nicht im Spiegel erkennen (Mahoney, 1991). Ohne den anderen gibt es sozusagen kein Eigenes.

Das kognitive Muster "Selbst" ist in frühen Phasen seiner Entwicklung wenig ausgeprägt; es taucht in einer ersten Phase der unsicheren Identität nur unter bestimmten günstigen Umweltbedingungen, wie im Rahmen einer tragenden Bindung (Winnicott, 1965), auf. Zudem kann man annehmen, dass weitere Prozessgestalten in einer sich formenden "Identitätslandschaft" existieren, die bei anderen Valenzen angesteuert werden. Unter diesen lokalen Minima können —zumindest prinzipiell— auch solche sein, die eine "Identitätsstörung" implizieren. Beobachtungen sprechen dafür, dass sie auch in der normalen Entwicklung des Selbst zeitweise besetzt werden: Man beobachtet bei Kleinkindern nach dem Spracherwerb etwa Verwechslungen von "ich" und "du" im Sinne einer Identifikation mit einer anderen Person. Lokale Minima können zu einem weit späteren Zeitpunkt wieder aktiviert werden, z.B. als Dissoziationsphänomene oder in psychotherapeutischen Situationen. Man kann die Selbstentwicklung als einen Weg in einem bifurkierendem System von möglichen Biografien auffassen.

Ein zentraler Prozess bei der Entwicklung des Selbst ist also die Entdeckung des anderen (Entwicklung von *ultraperspective*, Rössler, 1992b). Zumindest in der Ontogenese sind die Entdeckung des anderen und die Entstehung des Selbst spiegelbildliche Prozesse. In freier Sprechweise könnte man sagen, dass die *Liebe* das Selbst entfaltet.

Kurz: Damit das Selbst entsteht, bedarf es eines sozialen Anlasses.

B) Aufrechterhaltung des Selbst

Eine Reihe von Befunden spricht dafür, dass die Selbstdynamik in gewissen Abständen "aktiviert" werden muss, um als Prozessgestalt stabil zu bleiben. Diese *Kalibrierung* des Selbst bewahrt die attrahierenden Eigenschaften, die charakteristischen Muster einer Persönlichkeit. Auf das Vorhandensein der selbst-erhaltenden Prozesse kann man indirekt durch die Folgen schliessen, die sich bei Unterbrechung des Kalibrierungsprozesses einstellen: Reiz- und soziale Deprivation, langer induzierter Tiefschlaf, Folter und andere Traumata können bekanntlich zu (meist reversiblen) Depersonalisationsreaktionen bis hin zu psychotischen Zuständen führen.

Kalibrierende Funktion haben Kognitionen, die über soziale Interaktion vermittelt werden. Soziale Bindungen beziehen sich über einen Interaktionspartner rekursiv auf die eigene Person, die eigenen Emotionen und das eigene Verhalten. Die Widerspiegelung im andern Selbst hilft das Selbst stabilisieren. Die soziale Selbst-Kalibrierung geschieht durch Liebe, Mitleid und Empathie.

C) Störungen des Selbst

Die Störungen des Selbst bilden eine bunte Liste von Phänomenen und psychopa-

thologischen Symptomen, wie Dissoziation, multiple Persönlichkeiten, familiäre Verstrickung, Störung des Körperschemas bei der Anorexia nervosa, um nur einige zu nennen.

Ich möchte mich im folgenden noch einmal (vgl. Abschnitt 8.2) einer psychopathologischen Erscheinung zuwenden, die durch Veränderungen des Selbst phänomenologisch charakterisiert ist: der **Schizophrenie**. Verschiedene Möglichkeiten einer Labilisierung des Selbst sind nach dem Gesagten möglich:

- 1) Schizophrene zeigen einen stark erhöhten SM-Anteil

Erhöhte Selbstmodellierung führt offensichtlich zu einer raschen Fragmentierung im kognitiven System (stochastisches Endosystem), nicht mehr zu einer diversifizierenden Prozessgestalt. Funktionen, die nur durch ein integriertes, einheitliches Selbst aufrechterhalten werden können (z.B. die Selbst-Fremd-Kennung), müssten auf die Dauer verloren gehen. Die Sensibilität Schizophrener gegenüber Kommunikationsstilen, die Paradoxien und Vermengungen der logischen Bezugsebenen enthalten (Wynne & Singer, 1965), eine Folgerung der Double-Bind-Theorie (Bateson et al., 1956), fügt sich in dieses Bild, denn logische binds erzwingen eine Endo-Perspektive.

- 2) Nach Jaynes (1976) findet man bei schizophrenen Menschen einen Abbau des "Ich-qua-Analogon" (d.h. der inneren Metapher der eigenen Person), was zur "Entgrenzung", aber auch zu einem intensiveren "In-der-Welt-Sein" führe. Das Selbst Schizophrener ist also vulnerabel: Ihr Bedürfnis nach äusserer Strukturierung korrespondiert mit einem Mangel an Selbststruktur. Eine funktionale Defizienz kognitiver Attraktoren ist in der Schizophrenie generell vorhanden (Ciompi, 1982). Sie betrifft nicht nur das Selbst als Prozessgestalt, sondern etwa auch Gestalten in der sinnlichen Wahrnehmung (Emrich, 1990).

Ein weiterer Hinweis auf eine angeheizte Diversifikation ist, dass sich im Verlauf einer psychotischen Episode die kognitive Musterbildung mehrmals verändert; im präpsychotischen Zustand wird oft ein Zerfall der Bedeutungshaftigkeit ("Gestaltverlust", Derealisation) der Welt berichtet (Conrad, 1958; Sass, 1988). Manchmal findet sich auch eine Verschiebung der Bedeutung auf zuvor unbeachtete Details. Den Derealisationsprozessen in prodromalen Zuständen folgt häufig ein selbstorganisierter Aufbau neuer wahnhafter und bizarrer Bedeutungen. Diese neue, für eine gewisse Zeit wieder kohärentere Welt des Individuums im Wahnzustand ist weniger flexibel und stabil als die "normale" Rekonstruktion der Wirklichkeit. Der "produktive" Durchbruch zum kohärenten Wahnsystem, in das auch das neue Selbst eingefügt ist, erscheint psychologisch häufig wie eine radikal neue Lösung eines prodromal allmählich zugespitzten Konflikts, der negativsymptomatisch durch Rückzug nicht länger bewältigt werden konnte (s. Abb. 8.2.15). Zeitreihenanalytisch lassen sich — in Ratings der Psychotizität — stochastisch überlagerte nichtlineare Prozesse von finiter Dimensionalität nachweisen (s. Abschnitt 8.2.3).

Wahnhalte wirken dann besonders bizarr, aber für die hier vertretene Hypothese des Selbst als diversifizierende Prozessgestalt erhellend, wenn das Selbst in wahnhaf-

ter Weise als Gestalt wiederauftaucht. Häufig wird das extrem angstausslösende Erlebnis der Depersonalisation zu Beginn des psychotischen Schubs in der neuen Selbstgestalt thematisiert (der Betroffene kann sich für jemand anderes, für tot, für eine Maschine usw. halten). Charakteristischerweise ist die neue Prozessgestalt des Selbst als Attraktor weniger stabil und adaptiv als das prämorbidem Selbst.

- 3) Die soziale Kalibrierung des Selbst bei Schizophrenen war oder ist unzureichend.

Im Rahmen einer mathematischen Formalisierung kann ein soziales System durch zwei gekoppelte dynamische Systeme (vom Typ der autonomen Optimierer: Rössler, 1987) dargestellt werden. In einem solchen System kann ein autistischer Zustand nach einer Symmetriebrechung (einer "interaktionalen Bifurkation") in einen "altistischen" Zustand übergehen und auf diese Weise den Grundstein für rationales und moralisches Verhalten legen (Rössler, 1992b). Diese Bifurkation ist zugleich Kristallisationskern für die Selbst-Entwicklung.

In der Interaktion mit Schizophrenen finden sich viele Hinweise auf ein verändertes Sozialverhalten als zentrales Merkmal der psychotischen Funktionsweise. Ein solches Phänomen weist eine Verwandtschaft zu "Entgrenzung" und zur Labilisierung des Selbst auf: Schizophrene können die jeweils eigene Perspektive schnell verlassen, es gelingt ihnen in der Regel leicht, sich verblüffend gut in andere Menschen hineinzufühlen, sich zu identifizieren, zu "verschmelzen". Es scheint aber, als sei der "Weg zurück" in das eigene Selbst verbaut: Das soziale Mitgehen führt nicht mehr zu einer Selbst-Kalibrierung. Im übrigen ist das gegenteilige Verhalten, die weitgehende Vermeidung des sozialen Kontakts, bei psychotischen Zuständen ebenfalls häufig. Auch die Vermeidung ist im Kern mit der Labilisierungshypothese kompatibel: Der andere ist potentiell gefährlich, wenn das eigene Selbst gefährdet ist. Beide Formen der "Bewältigung" (Verschmelzen und Rückzug) haben zur Folge, dass die soziale Kalibrierung des Selbst unterbleibt, und in der Art eines *circulus vitiosus* besonders ein schon vulnerables Selbst auf Dauer dysfunktional werden muss.

D) Diskussion des Exkurses zum psychologischen Selbst

Ich habe in diesem Abschnitt spekuliert, dass man das Selbst als eine *Prozessgestalt* verstehen kann, d.h. als ein Gleichgewichtsphänomen, das sich im KES einstellt. Das Selbst ist also nicht eine Struktur oder Instanz, sondern vielmehr eine homöostatische Dynamik, die zur Aufrechterhaltung ihrer Stabilität regelmässiger "kalibrierender" Episoden bedarf. Als Opponent dieser Prozessgestalt agiert ein übermässiges SM (Selbstmodellierung durch reflexive Kognitionen), das die Diversifikation in Regionen treiben kann, in denen keine Netto-Komplexitätsabnahme mehr stattfinden kann: das Selbst wird nichtstationär und schliesslich stochastisch (Depersonalisation, Psychose). Kalibrierend wirkt dagegen das Sich-Widergespiegelt-Finden im sozialen Kontakt. Viele Befunde sprechen dafür, dass letzteres die zentrale Rolle bereits bei

der ontogenetischen Entwicklung des Selbst spielt (Stern, 1983).

Selbst-Bewusstsein kann nur durch die Erfahrung einer sozialen Bindung entstehen: das Selbst wird logisch möglich, ja notwendig, weil es ein Gegenüber gibt, in dem sich das Kind widergespiegelt findet. Das Kind muss sich dabei auf den Partner einlassen und sich danach wieder von ihm lösen können. Dieser Doppelschritt besitzt auch für das erwachsene, selbst-bewusste Individuum eine wichtige, die Individualität aufrechterhaltende (kalibrierende) Funktion (Wurmser, 1990). **Liebe** könnte man entlang dieser Spur definieren: als Eigenschaft eines Systems zweier Individuen, die wechselseitig diesen Prozess (sich widergespiegelt finden und wieder lösen) mit positiv verstärkenden Affekten koppeln. Liebe ist ein gemeinsames (koevolutives) Distanzspiel, in dem es um die soziale Synchronisation des Abgrenzens und Öffnens geht. Ein ganz ähnliches Spiel entsteht in einem System gegenseitiger "Übertragung". Der Unterschied ist, dass in Psychotherapie das Ziel darin bestehen muss, die Interaktion durch Etablierung einer gemeinsamen Bedeutungsmetaebene schliesslich wieder auflösen zu können.

9.3 Zur Übertragung in die Praxis

9.3.1 Bemerkungen zur Metaphorik

Eine allgemeine Beobachtung bei der Übertragung systemtheoretischer Gedanken in die psychologische oder psychotherapeutische Praxis ist, dass die auf einer abstrakten Ebene wohldefinierte Begrifflichkeit bei der Berührung mit Praxisfeldern schnell an Präzision einbüsst. Dieses Problem der offensichtlichen Kluft zwischen praktizierter Anwendung und Theorie einerseits und Theorie andererseits hatte zur Folge, dass sich (nicht nur im "systemischen" Therapiekontext) Praxisfelder aus dem wissenschaftlichen Diskurs abmeldeten, und die Forschung ihren Praxisbezug vernachlässigte. Diese Situation lädt zu gegenseitigen Bezichtigungen ein: die Wissenschaft wohne im Elfenbeinturm, sagt die eine, die Praxis bewege sich nur auf einer metaphorischen Ebene, die andere Seite.

Offenbar also benötigen *beide* Seiten ein Instrument, das als Brücke zwischen Theorie und Praxis dienen kann. Dieses Instrument kann meiner Ansicht nach die *Metapher* sein (Tschacher & Brunner, 1997). Deshalb teile ich nicht die oft seitens der Wissenschaft vertretene Abwertung von Metaphorik. Metaphern sind dabei aber m.E. nicht als beliebige Konstrukte aufzufassen, sondern es sollen auch an Metaphern gewisse Gütekriterien gestellt werden können. Metaphern als Brücken zwischen Theorie und Praxis müssen stimmig sein, d.h. sie müssen zu beiden Seiten der Theorie-Praxis-"Kluft" verankert werden können. Metaphern müssen neben einer pragmatischen Viabilität eine gemeinsame Überzeugung oder Konvention illustrieren. Weitere Kriterien sind die Eleganz und Ästhetik einer Metapher, evtl. auch ihr ethischer

Gehalt. Metaphern kommen also solche Kriterien zu, die von manchen systemischen Autoren als für Theorien ausreichend angesehen werden (Ludewig, 1992; Kriz, 1994). Ich persönlich halte jedoch die Forderung einer empirischen Widerlegbarkeit für Theorien (nicht für Metaphern) zusätzlich für wichtig.

Alle Psychotherapieformen verwenden metaphorische Konstrukte, die oft den zentralen, wenngleich impliziten Bereich der Therapie ausmachen. Die hydraulischen Begriffe, die Freud für seine triebdynamischen Vorstellungen benutzte, sind ein gutes Beispiel dafür. Energetische Metaphern finden etwa bei verschiedenen körpertherapeutischen Ansätzen (z.B. Lowens Bioenergetik) Verwendung. In mehreren Therapieschulen werden auch räumliche Begriffe und Metaphern verwendet, etwa um psychische oder interindividuelle Konflikte zu aktualisieren und zu bearbeiten: Beispiele sind Interventionen mit Skulpturen (z.B. Familientherapie nach Satir) oder Techniken der Gestalttherapie. Schon aus phylogenetischen Gründen (Lorenz, 1973) scheinen räumliche Metaphern eine vielen Menschen leicht zugängliche (sic!) Weise des Denkens zu sein. Daher auch ihre Verwendung als Bildsprache in der Therapiestunde, etwa im katathymen Bilderleben und in Trancetherapie (Weg in einer komplizierten Landschaft, welche Landschaft sieht der Klient, wo ist sein Platz heute, wo ist der ideale Platz, Phantasiereisen etc.).

Auch in der TDS ist diese räumliche Form der Metaphorik angelegt: dies rührt von der geometrischen Definition vieler dynamischer Konstrukte her (Phasenraum, Einbettungsraum, Trajektorie). Die geometrische Begrifflichkeit der TDS, die in Kapitel 3 dargestellt wurde, ist selbst durchaus nicht metaphorisch zu verstehen; sie ist ein prinzipiell exaktes mathematisches Werkzeug ohne Konnotationen. Jedoch könnte sie meiner Ansicht nach auch der Ausgangspunkt für eine Metaphorik sein, die die Lücke zur praktischen Anwendung schliesst. Die Aufgabe lautet also: Transmission dynamischer Forschung durch Entwicklung einer dynamisch-räumlichen Metaphorik für die klinische Praxis. Eine solche Metaphorik entsteht z.B. aus Abb. 4.5, in der die Stabilität einer Gestalt durch eine in einer Attraktorenlandschaft befindliche Kugel repräsentiert ist. Diese Potentialdarstellung suggeriert, dass das System den energie tiefsten Zustand, also die Potentialsenke einzunehmen sucht; die Kugel, die den Systemzustand symbolisiert, rollt somit einen Hang hinunter und bleibt in der Senke liegen. Die Vorstellung einer Potential- oder Attraktorenlandschaft ist insofern metaphorisch, als in offenen Systemen, in denen allein Prozessgestalten möglich sind, keine Potentiale definiert sind; nicht immer lässt sich auch eine sog. Lyapunov-Funktion schreiben, bei der eine der Energie analoge Größe sich entlang transienter Trajektorien vermindert (Guckenheimer & Holmes, 1983). Die Vorstellung ist aber dennoch in einem übertragenen Sinne stimmig, da es in den Prozessgestalten um Stabilitätszustände und Übergänge zwischen solchen geht. Man muss sich also darüber klar sein, dass die Täler in einer Attraktorenlandschaft im Zusammenhang mit selbstorganisierenden Systemen nicht Energieminima im Sinne von Mach bedeuten können (vgl. Kapitel 4).

Mit dieser Einschränkung lassen sich die Aspekte der Landschaft den systemtheoretischen Begriffen zuordnen: der Ort der Kugel ist analog zum Ort des Systems im

Phasenraum, d.h. zum Zustand des Systems zu einer bestimmten Zeit. Die Separatrix zwischen Bassins verschiedener Attraktoren (also Prozessgestalten) verläuft auf den "Graten" bzw. "Bergkuppen" der Landschaft. Die Form der Landschaft selbst steht für die Umwelt des Systems, also die Valenzen (Kontrollparameter).

Es lassen sich also die Überlegungen von Kapitel 7 in die Sichtweise der Attraktorenlandschaft übersetzen. Die "Normalsituation" der Synergetik ist gegeben durch eine *fixe Attraktorenlandschaft* (über einen längeren Zeitraum hinweg konstante Valenzen), in der das System sich entsprechend dem Gradienten der Landschaft auf eine Prozessgestalt hin bewegt, oder eine Prozessgestalt realisiert hat (in einer Senke/in einem Attraktor liegt). Die Fluktuationen des Systems, sofern sie als Rauschterm zu den Zustandsvariablen hinzuaddiert gedacht sind (entsprechend Gleichung (VIII.1)), sind als ein gewisses zufälliges "Zittern" *der Kugel* anzusehen. Diese Fluktuationen verhindern in der Regel, dass die Kugel auf einer Kuppe der Landschaft liegen bleibt; der Zufall kann also an einer instabilen Stelle (d.h. "Kuppe" oder "Grat") über die Zukunft des Systems entscheiden (sensible Abhängigkeit von Anfangsbedingungen).

Diese Metapher kann für den Fall variabler oder an die Musterbildung im System gekoppelter Valenzen weiterentwickelt werden; wie in Abschnitt 7.2 erwähnt, entsteht dann eine *plastische Attraktorenlandschaft*. Diese kann in verschiedener Form vorliegen:

- **Evolvierendes Exosystem:** Verändern sich die Valenzen kontinuierlich, so verändert sich auch die Topographie der Landschaft entsprechend: aus einer Senke (einem Potentialminimum) wird zuerst eine relative Senke (ein nur lokales Minimum) und schliesslich eine abschüssige Stelle (s. Abb. 4.5). In dieser Weise kann auch eine Bifurkation dargestellt werden. Wenn eine erste Prozessgestalt ihre Stabilität verliert, um zwei neuen potentiellen Prozessgestalten Raum zu schaffen, erhebt sich metaphorisch an Stelle der Senke eine Kuppe, so dass die Kugel in eine von zwei neuentstandenen Senken hineinrollen wird.

In der Sprache der Lerntheorie ist dieser Vorgang eine *Bestrafung*: die valente Umwelt des Systems wird durch einen externen Agenten so verändert, dass das System ein anderes Verhalten zeigt. Entsprechend wäre *Verstärkung* darzustellen: die Valenzen werden so umgeformt, dass eine vormalig indifferente (flache) oder aversive (Kuppe) Region attrahierend wird. Die Unterscheidung der unterschiedlichen Verstärkungstypen ist ebenso darstellbar: positive Verstärkung (Darbieten einer angenehmen Konsequenz bewirkt Verhalten V) bedeutet Eintiefung einer Region V der Attraktorenlandschaft bei sonst unveränderter Landschaft; negative Verstärkung (Darbieten einer unangenehmen Konsequenz bewirkt Verhalten V) bedeutet Erhebung der Region *nicht- V* und damit relative Eintiefung von V . Dies ist in Abb. 9.2 dargestellt.

- **Evolvierendes Endosystem:** Wie in Abschnitt 7.2 beschrieben, ist ein Endosystem, das selbstorganisierend ist, durch eine Wechselwirkung zwischen den Pro-

zessgestalten und den Valenzen zu erklären. In der Landschaftsmetapher ist die Landschaft in einer Weise plastisch, die mit dem Verhalten der Kugel zusammenhängt. Beispielsweise kann die Kugel beim Rollen ihre eigene Bahn verformen (entsprechend dem Diktum von A. Machado: "Der Weg entsteht beim Gehen"). Der bloße Aufenthalt des Systems in einer bestimmten Gegend kann dazu führen, dass sich an dieser Stelle eine Prozessgestalt "eintieft".

In Termini der Lernpsychologie handelt es sich hierbei um einen Lernvorgang höherer Ordnung (im Sinne von deuterio-learning ("learning to learn") nach Bateson, 1972).

- **Stochastisches Endosystem:** Die Rückkopplung zwischen Prozessgestalten und Valenzen verursacht eine rasche Verformung der Attraktorenlandschaft, dies bewirkt schnelle Verhaltensänderungen der Kugel, dies wiederum weitere Formung der Landschaft usw. Dies wird deskriptiv oft unter den Begriff "dynamical noise" gefasst: die Fluktuationen des Systems beziehen sich auf die Valenzen, was metaphorisch zu einem "Zittern" *der Landschaft* führt. Eine stark fluktuierende Landschaft macht Vorhersagen unmöglich, so dass ein stochastisches dynamisches Regime entsteht. Das System ist gewissermassen überhitzt, d.h. es findet keine Nettokompression von Phasenraum mehr statt (vgl. Abschnitt 3.2).

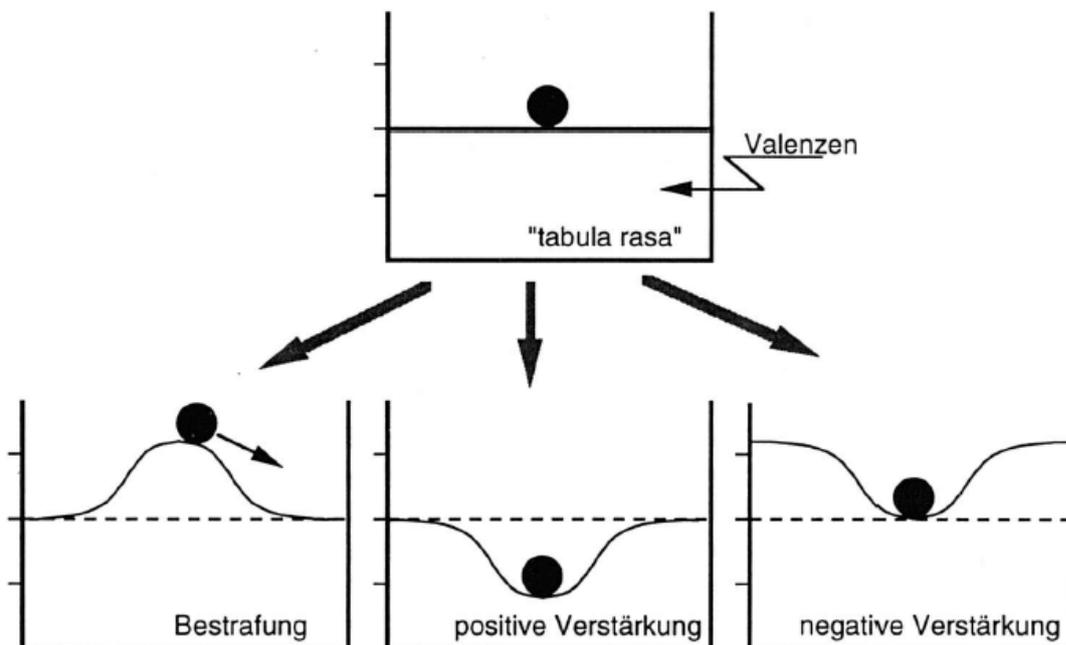


Abb. 9.2. Darstellung verschiedener Lernformen mit Hilfe der Landschaftsmetapher (vgl. auch Abb. 4.5)

9.3.2 Intervention in Prozessgestalten

Wie kann die vorgestellte Metaphorik nun helfen, Therapie begrifflich zu fassen? Ich beginne mit dem einfachsten Fall des **evolvierenden Exosystems**; die Valenzen kontrollieren das System (im Psychotherapiekontext also den Patienten, die Familie, Gruppe, den dynamical disease-Prozess), aber nicht umgekehrt. Der Therapeut erhält alle notwendigen Informationen vom System, aber das System reagiert nicht auf die Tatsache der Beobachtung. Ausserdem muss angenommen werden, dass der Therapeut die Valenzen des Systems kennt und variieren kann. Sind diese Bedingungen erfüllt, entsteht ein dem "klassischen" verhaltenstherapeutischen Vorgehen ähnliches Setting: Intervention und Therapie besteht im Erkunden der Attraktorenlandschaft (Verhaltensanalyse, Analyse der Verstärker) und in der kontrollierten Formung der Landschaft durch Variation der Valenzen, also der verstärkenden und kontingenten Randbedingungen von Systemverhalten. Unterschiede zur verhaltenstheoretischen Auffassung sollen allerdings nicht übersehen werden: die Annahme der Prozessgestalten als selbstorganisierter Aktion des Systems (KES oder PSS), also eines Musterbildungsprozesses auf dem Hintergrund der Valenzen, ist nicht vereinbar mit einem direkten S-R-Mechanismus.

Eine weitere Revision entsteht durch die Möglichkeit von deterministisch-*chaotischen* Prozessgestalten, die im Rahmen eines therapeutischen Settings relevant sein können. In einigen Abschnitten von Kapitel 8 wurde diese Möglichkeit besonders anhand von Daten über Schizophrenieprozesse, aber auch im Zusammenhang mit dem Rauchverhalten (Abschnitt 8.2.1) und Schlafverhalten (Abschnitt 8.5.2) in Betracht gezogen. Chaotische Prozessgestalten wären gewissermassen komplizierte Senken in der Attraktorenlandschaft (hier ist die eingeführte Metapher überfordert), die die Eigenschaft haben, zwar insgesamt anziehend zu sein, aber innerhalb der Senke weiterhin *auf Dauer nichtvorhersagbares* Verhalten zu gestatten. Die Vorhersagegüte, gemessen mit der in Abschnitt 3.1.2.2 beschriebenen Methode, sinkt nach kurzer Zeit unter die Zufallsschwelle. Also entsteht in deterministisch-chaotischen Regimes ein charakteristischer Zeithorizont, jenseits dessen die Information über die Herkunft einer Trajektorie verloren geht (Tschacher et al., 1997a,b). Für die Intervention bedeutet das, dass die Information über Interventionswirkungen ebenfalls nach einer Zeitspanne, die diesem Zeithorizont entspricht, verwischt sein wird. Das Szenario führt direkt zu einem Problem, das unter dem Begriff **Chaoskontrolle** diskutiert werden kann (Ott et al., 1990; Pyragas, 1992; Ott et al., 1994): so ist etwa gezeigt worden, dass instabile Orbits im Phasenraum (also Chaos) durch kleine Eingriffe im richtigen Moment stabilisiert werden können. Die direkte Anwendung dieser Methode für die Psychotherapie (bei Psychoseverläufen auch für eine pharmakologische Beeinflussung) müsste allerdings noch entwickelt werden: zunächst ist ja wenig gewonnen, wenn bei einem Psychiatriepatienten etwa chaotische Schwankungen in den Bereich schizophrenen Funktionierens hinein durch regelmässige Oszillationen in diesen Bereich hinein ersetzt sind. Wichtig ist offensichtlich die Verminderung der Amplitude der Oszillationen oder die Rückführung in eine andere

Prozessgestalt, etwa einen Fixpunkt. Kontrolle allein wird also nicht genügen, wenn die Valenzen gleich bleiben.

Fahren wir weiter mit dem Fall des **evolvierenden Endosystems**; im therapeutischen Kontext bedeutet dies, dass der Therapeut nicht mehr ausserhalb des Systems steht, sondern als Teil des Therapiesystems anzusehen ist. Diese plausible Annahme, die bereits im Zentrum der empirischen Studien von Abschnitt 8.3 stand, wird von praktisch allen modernen Psychotherapieschulen mehr oder weniger konsequent geteilt. Zeichen dessen ist, wenn in einer Therapietheorie die therapeutische Beziehung oder Allianz einen hohen Stellenwert besitzt.

Eine zentrale Frage in der Psychotherapiepraxis ist nach dieser Auffassung "endosystemisch": wie kann man sich — als Therapeut — auf die Therapiebeziehung einlassen, und wie wieder "objektive Distanz" gewinnen? Diese Frage wird in den verschiedenen Schulen der Psychotherapie mit unterschiedlichen Begriffen formuliert. In sehr allgemeiner Weise kann man sagen, dass der Problematik des partizipierenden Erkennens durch therapeutische *Regeln* begegnet wird, die eine besondere "therapeutische Haltung" vorschreiben. Diese Regeln sorgen sozusagen dafür, dass der Therapeut "mit einem Fuss ausserhalb des Systems" stehen bleiben kann (Tschacher, 1990).

- Die Familientherapie und *Systemtherapie* entwickelte verschiedene Formen der live-Supervision und Ko-Therapie. Das systemische Therapiesetting sieht z.B. ein miteinbezogenes reflecting team oder focussing team vor (Anderson, 1987), u.U. sogar mehrere gestaffelte Supervisionsebenen (Boscolo et al., 1988). Die weniger involvierten "Kotherapeuten" haben die Aufgabe, den im System befindlichen und agierenden "Endo-Therapeuten" (mein Begriff) zu beobachten und auf Sachverhalte hinzuweisen, die er in seiner Systembefangenheit verzerrt sieht oder nicht wahrzunehmen scheint. In dieser Form der therapeutischen Arbeit spiegelt sich der Einschachtelungsprozess des infiniten Regresses wider, der ein Kennzeichen von Endosystemen ist (s. Abb. 6.3). Die theoretische Diskussion der systemischen Therapierichtungen wurde mit der Rezeption der Autopoiesetheorie (Maturana & Varela, 1980) früh durch die Philosophie des "Radikalen Konstruktivismus" geprägt. Dies verhinderte die Zuwendung dieser Therapierichtungen zur quantifizierenden Therapieforschung zugunsten einer vor allem erkenntnistheoretischen Diskussion der Endothematik.

- In den tiefenpsychologischen und *psychoanalytischen* Schulen sind es die gegenseitigen Prozesse der Übertragung, die die therapeutische Beziehung als ein Endosystem beleuchten. Die Übertragungsreaktion wurde erstmals von Freud (1912) diskutiert, und gewann nach und nach einen zentralen Status in der psychoanalytischen Veränderungslehre (Henry et al., 1994). Das klassische Setting (hohe Frequenz der Therapietermine, liegende Position des Patienten, Abstinenzregel, Vermeidung von Blickkontakt) ist danach ausgelegt, Projektionen seitens des Patienten zu erleichtern und anzuheizen, d.h. den SM zu erhöhen. Es wird zugleich anerkannt, dass auch

der Therapeut diesem Prozess (in Form der "Gegenübertragung") unterworfen ist. Gegenübertragung wird sowohl als Problem wie als Chance angesehen; als Mittel zu ihrer Bewältigung und/oder Nutzung werden die Eigenanalyse des Therapeuten, in der die neurotische Gegenübertragung erkannt werden soll, aber auch "eine Art innerer Aufteilung, die den Analytiker befähigt, sich selbst (...) zum Objekt der Beobachtung und fortgesetzten Analyse zu machen" genannt (Racker, 1988). Es gibt keine einheitliche Auffassung zu dieser Frage.

Tiefenpsychologische Verfahren sind also durch hohes SM gekennzeichnet. Deshalb ist auch die "unendliche Analyse", von der Freud (1937) spricht, möglich, da ein Endosystem endlos neue Komplexität erzeugen kann. Das Setting erlaubt so u.U. nicht, dass sich eine Gestalt schliesst, eine Prozessgestalt (als Therapieergebnis) konsolidiert.

- Die *klientenzentrierte Psychotherapie* (Gesprächspsychotherapie) kann als eine ausdrücklich endosystemische Therapieform angesehen werden: es wird angestrebt, durch Echtheit, positive Wertschätzung und Empathie eine spezielle therapeutische Beziehung zu etablieren; in ihr wird die Selbsterkundung und Selbstreflexion des Patienten gefördert, aber idealerweise kein Veränderungsziel durch den Therapeuten vorgegeben (nicht-direktives Vorgehen). Die Annahme ist dann, dass die bei SM ("*Selbstexploration*") entstehende Veränderung und Diversifikation prinzipiell in eine erwünschte Richtung verlaufen werde aufgrund einer dem Organismus innewohnenden Selbstverwirklichungstendenz. Die Lösung des Endoproblems besteht also in der Prämisse, dass Selbstmodellierung in einem wertschätzenden Setting spontan zu erwünschter diversifizierender Neuorganisation des Selbst führt.

- Die *verhaltensbezogenen Therapieformen* haben historisch ihren Ausgangspunkt in einer objektivierenden, positivistischen Tradition, die oben als evolvierendes Exosystem bezeichnet wurde: der Patient galt als black box, dessen Input-Output-Relationen (also das Lernverhalten) von einem sonst nicht involvierten Therapeuten beobachtet und manipuliert werden können. Diese Auffassung vom einseitig gerichteten behavioristischen Therapiesetting wurde von der modernen, empirisch gestützten Auffassung abgelöst, dass der Therapeut-Patient-Beziehung grosse und spezifische Bedeutung im Veränderungsprozess zukommt (Zimmer, 1983; Mahoney, 1991; Grawe et al., 1994).

Im Zuge der kognitiven Wende der akademischen Psychologie entstanden Begriffe wie Selbstmanagement, Selbstkontrolle, Selbstverstärkung (Kanfer, 1977). Sie sind im Grunde Endo-Begriffe, die von kognitiven Verhaltenstherapeuten (oft recht unbekümmert um die Zirkularität der Begriffe) zur Erklärung von Verhaltensänderung eingesetzt wurden. Ein Grund, weshalb Selbstmanagement erfolgreich sein kann, könnte in der damit herbeigeführten Selbstexploration liegen, also in der Erhöhung von SM. Das oft gefundene Ergebnis, dass allein schon die Erhebung des Baseline-Verhaltens das Verhalten nichtstationär macht und ändert, spricht für diese Interpretation.

Mir scheint nun, dass die Grundfragen in den verschiedenen Therapieschulen unabhängig von den in ihnen sonst noch enthaltenen Überzeugungen und Menschenbildern einheitlich auf den Begriff gebracht werden können und sollten. Dies zu versuchen, ist hier nicht der geeignete Ort. Ich kann hier lediglich auf die prozessualen Konzepte verweisen, die ich im vorangegangenen entwickelt habe. Auf der Basis der in Abschnitt 8.3.3 gefundenen Zusammenhänge zwischen der TS-Ordnung (die die sich im therapeutischen Setting etablierende Prozessgestalt reflektiert) und dem Outcome scheint es geboten, Eigenschaften des TS als einen wichtigen Variablenkomplex bei der Evaluation von Therapien zu untersuchen. Dieser gehört zu den Prozessvariablen, die neben die in der Psychotherapieforschung üblicherweise beachteten Klientenvariablen und Therapeutenvariablen (Bergin & Garfield, 1994) treten. Meine bisherige empirische Exploration ergibt, dass hohe TS-Ordnung in der Regel einer engen und positiven therapeutischen Beziehung korrelativ verbunden ist. Es ist daher nicht erstaunlich, dass sich signifikante Korrelationen der TS-Ordnung auch mit vielen Massen der Ergebnisqualität von Psychotherapien ergeben; dies sind zumeist positive Korrelationen (hohe TS-Ordnung geht mit positiven Effektstärken einher), aber nicht immer. TS-Ordnung hat eine differentielle Wirkung auf den Therapieerfolg.

Der Versuch liegt deshalb nahe, als Therapeut die TS-Ordnung zu beeinflussen, also in Richtung auf *Konsonanz* mit dem Patienten zu arbeiten. Solche Techniken werden von Therapeuten in verschiedener Weise eingesetzt (als Mitgehen, Mitfühlen, Spiegeln) und kommen auf verschiedenen Ebenen zum Einsatz (auf der verbalen, paraverbalen, motorisch-nonverbalen Ebene). Arbeit mit *Dissonanz* (vgl. Frey & Gaska, 1993) bedeutet entsprechend: Konfrontieren, Verstören, Neuinterpretieren, Reframing (wobei die beiden letzteren Interventionsformen eigentlich in Konsonanz verpackte Dissonanz sind).

An verschiedenen Stellen der bisherigen Diskussion hat sich eine weitere Hypothese ergeben, wie selbstorganisierende Systeme (und nach Abschnitt 8.3.2 handelt es sich bei TS um solche) zu beeinflussen wären: durch das Ausmass an Selbstmodellierung. Es mag sich dabei um eine empirisch noch wenig abgesicherte Annahme handeln, für die jedoch im dargestellten Kontext der Endoperspektive von selbstorganisierenden Systemen (Atmanspacher & Dalenoort, 1994) einiges spricht: Anstieg von SM destabilisiert ein TS, insofern als Diversifikation auftritt bis hin zur Stochastizität der Attraktorenlandschaft. Die Rückkopplung zwischen Valenzen und Prozessgestalten wird auf diese Weise "angeheizt", die Attraktorenlandschaft wird plastisch. Verläufe in der Zeit werden nichtstationär. Umgekehrt erhöht das "Abkühlen" der SM die Stationarität (z.B. wenn die erwünschte Prozessgestalt evolviert ist). Mit anderen Worten: eine SM-Manipulation kann ebenso wie Konsonanz und Dissonanz als eine allgemeintherapeutische Interventionsdimension angesehen werden.

SM im therapeutischen Setting ist mit der Variable der TS-Ordnung verbunden — SM erhöht die Komplexität des Systems. So ergab sich beispielsweise, dass Therapieformen, die SM fördern (die heuristischen Therapien), die potentielle Entropie des TS stärker erhöhen. Jede Therapiesituation an sich — so ist anzunehmen — erzeugt

schon Selbstmodellierung: durch Reflexion, Verstehen-Wollen, den Wunsch, Verhalten und Emotionen zu ändern auf Seite des Patienten; durch Aufmerksamkeit und Kennenlernen, Beobachten des Patienten und der eigenen bezogenen Emotionen auf Seite des Therapeuten. Schon diese Eigenschaften des Settings sollten daher Diversifikation bedingen. Weiters können Übertragung, Attribution, "Sinnkonstruktion" als Produkte des TS-als-Endosystem angesehen werden, sie resultieren aus hohem SM. Je neue Inhalte werden laufend produziert als emergente Variablen des Systems (Diversifikation). Sie können unterschiedlich nützlich bei der Bewältigung der vorgebrachten Probleme sein.

Die therapeutische Beziehung als geordnete Prozessgestalt kontrolliert und begrenzt hierbei die durch das SM der Therapiesituation bedingte Labilisierung; Psychotherapie wirkt also zugleich auch selbst-kalibrierend durch die therapeutische Allianz als soziale Beziehung und organisierendes Moment. Kalibrierende, organisierende Funktionen scheinen auch Trancezustände (Rosen, 1985) zu entwickeln: In der Konzentration auf ein eingeschränktes Stimulusfeld oder eine anderes ausschließende Tätigkeit kommt es zum Erlebnis von Zeitlosigkeit, zur Ausbildung von Handlungsbewusstsein statt Selbstbewusstsein; auch dadurch kann die Prozessgestalt des Selbst regeneriert werden (vgl. "Flow-Erlebnisse": Csikszentmihalyi, 1987).

In Psychotherapien entsteht also eine je eigene Balance zwischen diversifizierenden und organisierenden Wirkungen. Diese Balance bestimmt den Gang der Therapie, wobei über den Gesamtverlauf von Therapien hinweg die Selbstorganisation, also die evolvierende Prozessgestalt, letztlich meist stärker ist, wie die generelle Ordnungszunahme zeigt. Durch "Abkühlen" des SM am gewünschten Ort der Attrakto-
renlandschaft und zur geeigneten Zeit (Ende des Therapieprozesses) wird die gültige Prozessgestalt stationär gemacht, und so über das Ergebnis der therapeutischen Intervention entschieden.

Glossar und Abkürzungen

Die folgenden Erläuterungen und Definitionen sind vorwiegend natürlichsprachlich abgefasst. Die so versuchte Verständlichkeit geht zu Lasten der Strenge der Bestimmungen von Begriffen der Theorie dynamischer Systeme (zumindest dort, wo eine allgemeine Übereinkunft über die Definitionen bereits besteht). Für strengere mathematische Begriffsbestimmungen siehe daher: Rosen (1970); Hirsch & Smale (1974); Bloomfield (1976); Gregson (1983); Guckenheimer & Holmes (1983); Bergé et al. (1984); Eckmann & Ruelle (1985); Thompson & Stewart (1986); Priestley (1988); Chatfield (1989); Abarbanel et al. (1993); Thompson & Stewart (1993); Kaplan & Glass (1995).

Abbildung (mapping): neben der übertragenen psychologischen Bedeutung von "Repräsentation" meint *Abbildung* eine Iteration der Form $X_{i+1} = F(X_i)$, die ein diskretes \rightarrow dynamisches System definiert (Beispiel: ein \rightarrow ARMA-Modell). Ein kontinuierliches m -dimensionales dynamisches System kann durch einen Poincaré-Schnitt in eine $(m-1)$ -dimensionale Abbildung mit denselben Stabilitätseigenschaften überführt werden.

ACF: Autokorrelationsfunktion. Bezeichnet die Korrelation einer Zeitreihe mit einer identischen, um k lags verschobenen Zeitreihe [s. Abschnitt 3.1.1]

ARMA-Modell: lineares Modell der seriellen Abhängigkeit einer Zeitreihe. Diese Abhängigkeit wird entweder als Autoregression (AR) dargestellt, d.h. ein Wert ist ein mit einem Regressionsfaktor ϕ gewichteter vergangener Wert plus eine aktuelle \rightarrow Zufallsgrösse; oder es wird der aktuelle Wert der Zeitreihe verstanden als Resultat der mit einem Faktor θ multiplizierten vergangenen Zufallseinwirkungen (MA: moving average-Prozess). Ein allgemeines ARMA(p,q)-Modell (*autoregressive moving average*), $z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$, ist zusammengesetzt aus einem AR-Modell p -ter Ordnung und einem MA-Modell q -ter Ordnung. [s. Abschnitt 3.1.1]

Attraktor: in einem \rightarrow dissipativen System führt die Kompression des \rightarrow Phasenraums dazu, dass eine Menge von Anfangszuständen auf eine kleinere Menge von stabilen Endzuständen hin konvergiert. Diese attrahierende Menge von Endzuständen ist in einem allgemeinen Sinne "homöostatisch" oder asymptotisch stabil, da Auslenkungen vom Attraktor ausgedämpft werden. Mehrere Attraktoren können im selben \rightarrow System koexistieren; der Wirkungsbereich jedes Attraktors heisst Einzugsbereich oder Bassin. \rightarrow Trajektorien, die in einem Bassin starten, enden auf dem zugehörigen Attraktor. [s. Abschnitt 3.1.2.2]

Bewusstsein: (Meta-)Kognition über die eigene Kognition in einem \rightarrow KES mündet ein in der \rightarrow Prozessgestalt des \rightarrow Selbst. Die \rightarrow Valenz für die Entstehung von

Bewusstsein und Selbst ist die Interaktion mit anderen Individuen (der — in der Regel — eigenen Spezies). [s. Abschnitt 9.2.2]

Bifurkation: qualitative Veränderung des → Attraktors eines → dynamischen Systems bei Variation der → Kontrollparameter. Es gibt unterschiedliche Typen von Bifurkationen: determinierte und nichtdeterminierte, mit oder ohne Hysterese, Katastrophen und kontinuierliche Bifurkationen. [s. Abschnitt 3.2.3]

Bootstrap-Methode: hier in Zusammenhang mit Zeitreihenanalyse verwendet: eine Gruppe statistischer Verfahren, mit deren Hilfe ein artifizieller Vergleichsmassstab gewonnen wird, der es erlaubt, die Bedeutsamkeit einer Eigenschaft E_x einer Zeitreihe X einzuschätzen. Der Vergleichsmassstab entsteht durch die Generierung von Surrogatzeitreihen S aus der Indexzeitreihe. Die Eigenschaften E_s bilden eine Stichprobe aus einer Verteilung, an der E_x gemessen werden kann. Dies geschieht, wenn Normalverteilung der Population der Surrogateigenschaften angenommen werden kann, etwa mit Hilfe eines Effektmasses $\xi = \frac{|E_x - \mu_s|}{\sigma_s}$, wobei σ_s und μ_s Standardabweichung und Mittelwert der Surrogateigenschaften bedeuten. Die Art der Generierung der Surrogate bestimmt die Nullhypothese, die für E_x angenommen oder verworfen werden soll. Es können etwa Surrogate verwendet werden, deren Sequenz zufällig ist, die aber in Mittelwert und Varianz identisch mit der Indexzeitreihe sind (Nullhypothese: → Zufall). Wichtig sind weiterhin Surrogate, die bezüglich Mittelwert, Varianz und Autokorrelation gleich sind (Nullhypothese: linear-korrelierter Zufallsprozess, → ARMA(p,q)). Die Bootstrappedmethode eignet sich zur Einzelfallanalyse, kann aber auch in Gruppenstudien verwendet werden. [s. Abschnitt 8.2.1]

Cell assembly: eine Anordnung von kortikalen Neuronen, die physisch durch Synapsen verknüpft sind, und gemeinsam aktiv sein können. Ein Neuron kann Element mehrerer verschiedener cell assemblies sein. Eine cell assembly ist das physiologische Korrelat eines → Verhaltenskerns. Modellierung möglich durch neuronale Netzwerke.

Chaos, makroskopisches: (syn. deterministisches, finitdimensionales, niedrigdimensionales Chaos) eine nichtlineare Dynamik mit einer endlichen (niedrigen) Zahl von Freiheitsgraden. Makroskopisches Chaos (auch: deterministisches Chaos im Gegensatz zum nur stochastisch beschreibbaren mikroskopischen Chaos, dem → Zufall) ist definiert durch die Anwesenheit mindestens eines positiven → Lyapunov-Exponenten, der die charakteristische sensible Abhängigkeit von Anfangsbedingungen verursacht. Weiterhin charakteristisch ist das verwaschene Fourierspektrum chaotischer Dynamik. Makroskopisches Chaos mit Attraktoreigenschaften ist trotz der Nichtvorhersagbarkeit als → Prozessgestalt der Makroebene anzusehen, wobei mindestens drei → Ordnungsparameter in Form eines nichtlinearen Makrosystems interagieren. [s. Abschnitt 3.1.2.2]

Chaos, mikroskopisches: stochastische Dynamik der \rightarrow Verhaltenskerne in Abwesenheit von \rightarrow Valenzen (darwinistisch: Mutationsrate; in einem Gas: Brownsche Bewegung). Davon klar abzuheben ist das \rightarrow makroskopische Chaos.

Chaotischer Attraktor: ein \rightarrow dynamisches System mit einem positiven \rightarrow Lyapunov-Exponenten (d.h. Divergenz in der zugehörigen Richtung des \rightarrow Phasenraums) bei einer Netto-Kompression von Phasenraum. Ein chaotischer Attraktor (oft syn. seltsamer Attraktor) vereint also Nichtvorhersagbarkeit (chaotische Dynamik), Stabilität (attrahierende Dynamik) und Determinismus (finitdimensionale Dynamik ohne "eingebaute" Stochastik). Das topologische Funktionsprinzip des Rössler-Attraktors (des einfachsten chaotischen Attraktors) lautet: Trajektorien werden auf dem \rightarrow Attraktor zuerst "ausgewalzt" und dann "zusammengefaltet", was in der Regel auch zu einer fraktalen ("seltsamen") Struktur des Attraktors führt ("stretching and folding"; Bäcker-Transformation entsprechend der Herstellung von Blätterteig).

DGL: Differentialgleichung. Eine Rechenvorschrift, die angibt, wie sich ein kontinuierliches \rightarrow System verändert, z.B. Gleichung (III.10). Die unabhängige Variable ist bei \rightarrow dynamischen Systemen die Zeit. Ein dynamisches System kann als ein kontinuierlicher Fluss (engl. flow) im m -dimensionalen \rightarrow Phasenraum \mathfrak{R}^m definiert werden. Dieser flow ist durch eine Differentialgleichung festgelegt. Geometrisch entspricht ihm die Menge aller \rightarrow Trajektorien in \mathfrak{R}^m , also das mögliche Verhalten eines Systems bei gegebenen \rightarrow Kontrollparametern.

Dimensionalität: die Dimensionalität eines \rightarrow Attraktors kann empirisch über seine Skalierungseigenschaften bestimmt werden. Euklidische Objekte haben eine ganzzahlige Dimension (ein Grenzyklus, darstellbar durch eine Linie im Phasenraum, hat etwa die Dimension $d=1$). \rightarrow Chaotische Attraktoren haben oft gebrochenzahlige (fraktale) Dimensionen. Ein lineares Verfahren zur Schätzung der Dimensionalität ist die Hauptkomponentenanalyse. [s. Abschnitt 3.1.2.2]

Dissipation: in der TDS (besonders mit dem Namen Prigogines verknüpft) bezeichnet Dissipation in Abhebung zu konservativen Systemen (in der Mechanik auch: Hamiltonischen Systemen) eine Dynamik, bei der eine Kompression von \rightarrow Phasenraum stattfindet. Allgemeiner wird der Begriff im Sinne von "Verstreuung" einer geordneten Größe durch ein offenes System verwendet. In physikalischen Systemen kann z.B. Bewegungsenergie durch Reibung in ungeordnete Wärmeenergie dissipiert werden (gedämpfter Oszillator): dynamisch entspricht dies, wenn keine weitere Energie zugeführt wird, einem Punktattraktor (also Dissipation im ersteren Sinne). \rightarrow Dissipative Systeme werden auch syn. mit selbstorganisierenden Systemen gebraucht.

Diversifikation: Entstehung immer neuer Muster (\rightarrow Prozessgestalten) in selbstorganisierenden Systemen bei Variation der \rightarrow Kontrollparameter (\rightarrow Valenzen), insbesondere in \rightarrow Endosystemen. Beispiel: die biologische Evolution (ein Endosystem)

bringt laufend neue Spezies hervor, die ökologische Nischen schaffen/besiedeln. [s. Abschnitt 7.2]

Dynamical Disease (dynamische Krankheit): eine Störung oder Symptomatik, die vorteilhaft durch ein \rightarrow dynamisches System modelliert werden kann. [s. Abschnitt 8.2.1]

Einbettungsdimension: die Einbettungsdimension eines \rightarrow dynamischen Systems ist durch die Anzahl m der Zustandsvariablen des Systems gegeben, also derjenigen Größen, die nötig sind, das System vollständig zu beschreiben. Oft ist m nicht von vornherein bekannt, etwa wenn nur der Zeitverlauf einer einzelnen Observable eines Systems vorliegt; dann muss m geschätzt werden. Ein nichtlineares Verfahren ist die "Methode der falschen nächsten Nachbarn". [s. Abschnitt 3.1.2.1]

Endosystem: ein System X , innerhalb dessen entweder 1) Komponenten von X versuchen, X zu modellieren und abzubilden, oder 2) \rightarrow Valenzen von X mit Prozessgestalten von X interagieren. Endosysteme sind (je nach \rightarrow SM) nichtstationär. [s. Abschnitt 6.1; Definition 7.2; Abb. 7.5]

Endosystem, diversifizierendes: die Endosystemizität führt dazu, dass sich die \rightarrow Prozessgestalten im System im Laufe der Zeit qualitativ verändern, wobei jedoch der komplexitätsreduzierende (mustererzeugende) Anteil dieses nichtstationären Selbstorganisationsprozesses überwiegt. Es findet eine Evolution oder Koevolution von Prozessgestalten statt. [s. Abschnitt 9.3.1]

Endosystem, evolvierendes: syn. \rightarrow Endosystem, diversifizierendes

Endosystem, stochastisches: die Endosystemizität führt zu Nichtstationarität in einem Ausmass, dass die komplexitätserhöhende Aktivität gegenüber der komplexitätsreduzierenden überwiegt. Empirisch zeigt ein stochastisches Endosystem das Bild eines \rightarrow Zufallsprozesses (z.B. ein System mit dynamischem Rauschen). [s. Abschnitt 9.3.1]

Evolution: Entstehung von Struktur durch Selektion. \rightarrow Selbstorganisation ist eine Form von Evolution.

Exosystem: ein System, das keiner \rightarrow Selbstmodellierung unterliegt. Es wird durch einen externen Beobachter beobachtet und reagiert nicht auf die Tatsache der Beobachtung ("Einstein measurement"). [s. Abschnitt 6.1]

Flux: offene physikalische Systeme werden von Energie und/oder Materie "durchströmt". Dieses Durchströmen soll (in Abhebung von Fluss) als Flux bezeichnet werden. Offene Systeme sind bezüglich der Fluxes im thermodynamischen \rightarrow Nichtgleichgewicht. Die Fluxes werden als Kontrollparameter quantifiziert. Ein Flux in einem KPS ist analog als ein Strom von valenter Information anzusehen, der ein motivationales Nichtgleichgewicht (ein Spannungssystem bei Lewin) etabliert.

Fluxe in offenen Systemen sind eine Voraussetzung für →Selbstorganisation. [s. Abschnitt 5.2]

Fraktal: ein Gebilde mit nichtganzzahliger →Dimensionalität. Seltsame →Attraktoren chaotischer Systeme sind in der Regel fraktal. Eine zusätzliche Eigenschaft von fraktalen Objekten kann die Selbstähnlichkeit (Skaleninvarianz) sein: Bei Vergrößerung eines Teils des Objekts findet sich auf einem anderen Skalenbereich eine qualitativ ähnliche Gestalt des Objekts wieder.

Gestalt: Gestalten sind mannigfaltige, gegliederte Ganzheiten oder Konfigurationen, die sich als Figur von einem weniger gegliederten Grund abheben. [s. Kapitel 4]

Grad der Selbstmodellierung (SM): der Grad/das Ausmass der Selbstmodellierung (SM) besagt, wie ausgeprägt die Reflexivität und Selbstreferenz eines kognitiven Systems ist. Ein System mit hohem SM ist ein →Endosystem; entsprechend sind in ihm endosystemische Attribute zu erwarten: Nichtstationarität, Instabilität, Produktion von →Komplexität, Kreativität im Sinne der Emergenz neuer →Ordnungsparameter. [s. Definition 7.1]

Handlung: "intentionale" Dynamik von →KPS. Intentionalität ist an makroskopisches Verhalten gebunden, daher ist Handlung eine makroskopische psychologische Variable, ein dem intentionalen Erleben (awareness: der Akteur weiss, dass er mit seinem Verhalten ein Ziel verfolgt) zugängliches →Verhalten. Das Verhalten resultiert aus einem Selektionsprozess unter einer Vielzahl von (unbewussten) Verhaltenskernen. Handlungen werden also nicht durch innere oder äussere Reize oder gar Ziele gesteuert, sondern durch →Valenzen selektiert. [s. Abschnitt 7.1]

Homöostase: Prinzip der →Stabilität, des dynamischen (nicht: thermodynamischen!) Gleichgewichts. Der Begriff Homöostase stammt aus der Physiologie, wo er für die Konstanthaltung des inneren Milieus steht (also für einen Punktattraktor). Allgemein können als homöostatisch auch kompliziertere Formen attrahierenden (asymptotisch stabilen) Verhaltens bezeichnet werden.

Homunkulus: "Männchen", (syn. Dämon), Bezeichnung für eine oft verdeckte Pseudoerklärung innerhalb einer Theorie: das in Frage stehende Phänomen wird nicht erklärt, sondern in ein anderes Sachgebiet, an einen anderen Ort verlagert (eben den kleinen, steuernden Homunkulus), wo es aber unverändert erklärungsbedürftig bleibt. [s. Abschnitte 4.1; 9.2.1]

Isomorphismus: in der Gestaltpsychologie Annahme der Gleichgestaltetheit des psychologischen und physiologischen Bereichs: Gestaltgesetze gelten in beiden gleichermaßen. Bei Köhler Ausweitung auch auf physikalische Sachverhalte. [s. Abschnitte 4.4; 5.2]

Kalibrierung: Prozesse der Aufrechterhaltung und Stabilisierung der →Prozessgestalt "Selbst". Kalibrierung erfolgt im sozialen Kontakt, durch "Liebe". Endosys-

temische Aspekte des KES (Kognition über das →Selbst) können der Kalibrierung zuwiderlaufen. [s. Abschnitt 9.2.2]

Kausalität: starke Formulierung der Kausalität: "Ähnliche Ursachen führen zu ähnlichen Folgen". Schwache Kausalität: "Gleiche Ursachen führen zu gleichen Folgen".

KES: Kognitiv-Emotionales System, ein Individuum aus psychologischer Sicht. Ein KES ist konzeptualisiert als ein hierarchisches System mit einer komplexen Mikroebene (bestehend aus sehr vielen →Verhaltenskernen) und einer daraus emergierenden Makroebene (kognitiv-emotionale Prozessgestalten, z.B. überdauernde kognitiv-emotionale Zustände und →Handlungen).

komplex: ein →Sachverhalt (System) ist komplex, wenn er aus sehr vielen Komponenten besteht. →Komplexität ist eine Voraussetzung für →Selbstorganisation.

Komplexität: Eigenschaft eines aus sehr vielen Komponenten bestehenden →Sachverhaltes (Systems). Als Prozesseigenschaft kann die Komplexität nach ihrer Herkunft in "horizontale Komplexität" und "vertikale Komplexität" unterschieden werden. Horizontale Komplexität heisst der aus →Selbstorganisation hervorgehende Anteil (also eine Komplexitätsreduktion); vertikale Komplexität heisst der durch →Selbstmodellierung entstehende Komplexitätszuwachs. Die Komplexität eines Prozesses (also einer Zeitreihe aus Beobachtungsdaten) kann mit verschiedenen Massen geschätzt werden: algorithmische Komplexität ist ein Mass für die Komprimierbarkeit einer (univariaten) Zeitreihe bei Elimination ihrer Redundanz. Ordnung o (als Gegensatz zu Komplexität) kann aus den Varianzen und Kovarianzen einer multiplen Zeitreihe berechnet werden. [s. Abschnitt 6.2]

kompliziert: ein →Sachverhalt (System) ist kompliziert, wenn seine Komponenten in nichttrivialer Weise (etwa durch eine nichtlineare Abhängigkeitsbeziehung) verknüpft sind.

Kontrollparameter: diejenigen Parameter (d.h. Variablen, die für eine gewisse Zeit als konstant angenommen werden können) der Umwelt eines Systems, die für ein →dynamisches System relevant sind (die es also "kontrollieren"). Bei →dissipativen Systemen sind diejenigen Parameter von besonderer Bedeutung, die die Gleichgewichtsferne des Systems bestimmen. Dies sind die "valenten" Parameter. Die Kontrollparameter von KPS werden als →Valenzen bezeichnet.

KPS: Komplexes Psychologisches System, z.B. ein Individuum (→KES) oder eine Gruppe ($N \geq 2$) von Individuen (→PSS). "Komplex" daher, weil das System als aus sehr vielen →Verhaltenskernen aufgebaut konzeptualisiert ist.

Lebensraum: bei Lewin die Gesamtmenge aller Person- und Umweltvariablen, die das →Verhalten der Person bestimmen ($V = f(P, U)$). Der Lebensraum ist eingebettet in eine Hülle nichtpsychologischer Dinge und Sachverhalte. Die "dynamisie-

rende" Umformulierung des Lebensraum-Konzepts als $(\frac{d\vec{P}}{dt} = f_1(\vec{P}, \vec{U}, \nabla) + \varepsilon_i)$, $(\frac{d\vec{U}}{dt} = f_2(\vec{P}, \vec{U}, \nabla) + \varepsilon_i)$ in Gleichung (V.1),(V.2) führt zur Anwendung von Selbstorganisationsprinzipien auf den Lebensraum [s. Definition 5.3]. Dadurch kann die Musterbildung im Lebensraum unter Vorgabe von \rightarrow Valenzen (als Ausdruck eines motivationalen \rightarrow Nichtgleichgewichts, eines \rightarrow Fluxes von valenter Umweltinformation) dargestellt werden.

Lebensraum, Hülle des: bei Lewin "Tatsachen, die nicht psychologischen Gesetzen unterliegen, jedoch den Zustand des \rightarrow Lebensraums beeinflussen". Fasst man den Lebensraum als \rightarrow KES auf, entspringen seiner (biologischen, physischen, kulturellen) Hülle die \rightarrow Nichtgleichgewichte, die psychologisch als \rightarrow Valenzen wirken.

Lyapunov-Exponent: der Charakter eines \rightarrow Flusses im \rightarrow Phasenraum kann dadurch beschrieben werden, dass das Schicksal eines kleinen Phasenraumvolumens, das der Systemdynamik ausgesetzt ist, untersucht wird. Es ergibt sich ein Lyapunov-Exponent für jede der m Richtungen des Phasenraums. Positive Exponenten bedeuten Divergenz, negative Kompression. Ist die Summe aller Lyapunov-Exponenten $\sum_{i=1}^m \lambda_i = 0$, liegt ein konservatives dynamisches System vor ($\sum_{i=1}^m \lambda_i < 0$: \rightarrow dissipatives System). Ein dissipatives System mit einem positiven Exponenten definiert \rightarrow Chaos. [s. Abschnitt 3.1.2.2]

Modellierung: es ist Ziel der Zeitreihenanalyse, quantitative Modelle für Beobachtungsdaten zu formulieren. Zwischen linearen und nichtlinearen Modellansätzen ist zu unterscheiden. Mit \rightarrow Bootstrap-Methoden kann über den geeignetsten Modellansatz entschieden werden. Bei der induktiven Modellierung wird von einem empirischen Datensatz auf ein \rightarrow dynamisches System geschlossen ("bottom-up"), deduktive Modellierung sucht aus theoretischen Annahmen eine Simulation eines \rightarrow Sachverhaltes zu entwickeln ("top-down"). [s. Kapitel 3]

Nichtgleichgewicht: hier syn. mit \rightarrow Dissipativität, Entfernung vom thermodynamisch-statistischen Gleichgewicht (das thermodynamische Gleichgewicht wäre ein Zustand maximaler Unordnung/Entropie). Nicht im Newtonschen Sinne eines Kräfteungleichgewichts zu verstehen.

Ordnung: Gegensatz zu \rightarrow Komplexität. Je weniger Information nötig ist, eine Zeitreihe (ein System) vollständig oder hinreichend zu beschreiben, desto geordneter ist sie. [s. Abschnitt 6.2.1]

Ordnungsparameter: (syn. Ordner) aus einer komplexen Mikroebene durch \rightarrow Selbstorganisation hervorgehende makroskopischen Variablen. Die Dynamik der Ordnungsparameter erzeugt eine \rightarrow Prozessgestalt. [s. Abschnitt 3.2.2]

PACF: partielle Autokorrelationsfunktion. Die Korrelation einer Zeitreihe mit sich selbst (um k lags verschoben), wobei der Einfluss der zwischenliegenden lags herauspartialisiert ist.

Phasenraum: der durch die Zustandsvariablen aufgespannte geometrische / topologische Raum aller Verhaltensmöglichkeiten eines \rightarrow dynamischen Systems. Liegen nur Zeitreihendaten einer einzelnen Observablen vor, kann ein Phasenraum nach dem Theorem von Takens mit zeitverzögerten Koordinaten rekonstruiert werden, wobei die topologischen Eigenschaften bewahrt bleiben. Die Darstellung einer Dynamik im Phasenraum wird Phasenportrait genannt. In der \rightarrow TDS wird in der Regel für den Phasenraum eine Metrik angenommen, in der Distanzen definiert sind. Für die Psychologie bedeutet das zumindest eine Datengüte von Intervallskalenniveau.

Prägnanz: in der Gestaltpsychologie Mass der Gestaltgüte. Das "Prägnanzgesetz" besagt, dass \rightarrow Gestalten darauf hin tendieren, so prägnant ("gut", präzise, eindrucklich) wie möglich zu sein. Spezifischer in \rightarrow KPS: Prägnanz ist die Fähigkeit einer \rightarrow Prozessgestalt, das durch die \rightarrow Valenzen ausgedrückte motivationale \rightarrow Nichtgleichgewicht zu reduzieren. [s. Definition 5.6]

Prozessgestalt: durch spontane Musterbildung (\rightarrow Selbstorganisation) aus einem \rightarrow KPS hervorgegangener makroskopischer Prozess (beschreibbar durch die \rightarrow Ordnungsparameter, die makroskopischen Zustandsvariablen des KPS). Prozessgestalten tendieren auf \rightarrow Prägnanz hin. [s. Abschnitt 5.2]

PSS: Psycho-Soziales System. Eine Menge von 2 oder mehr psycho-sozial gekoppelter Individuen. [s. Definition 5.5]

Sachverhalt: Wittgenstein bezeichnet grundlegend als "... Tatsache (...) das Bestehen von Sachverhalten."; "2.01 Der Sachverhalt ist eine Verbindung von Gegenständen (Sachen, Dingen)."; "2.011 Es ist dem Ding wesentlich, der Bestandteil eines Sachverhalts sein zu können." Ein Sachverhalt ist damit das, was man auch als System bezeichnet. [s. Abschnitt 6.1]

Selbst: \rightarrow Prozessgestalt im \rightarrow KES; introspektiv als Identität, als das selbstverständlich-Eigene vorfindlich.

Selbstmodellierung: Selbstmodellierung bezeichnet den Umstand, dass Beobachter eines Systems X zugleich Elemente von X sind. X umfasst also interne Beobachter. X ist daher auch ein \rightarrow Endosystem. Der Modus der Beobachtung bei gegebener \rightarrow Selbstmodellierung ist "Heisenberg measurement". Wenn X ein selbstorganisierendes System ist, so zeigt Abb. 7.5, dass Selbstmodellierung äquivalent ist zu einer Situation, bei der \rightarrow Prozessgestalten die \rightarrow Valenzen des Systems X beeinflussen.

Selbstorganisation: in einem komplexen und offenen System auftretende Tendenz zur spontanen Ordnungsbildung (Musterbildung; pattern formation). Zeichen und definierendes Merkmal von Selbstorganisation ist die Reduktion der Freiheitsgrade eines komplexen Systems (syn. Komplexitätsreduktion, Symmetriebrechung). Wei-

teres Merkmal ist die Autonomie des Systems bezüglich der Muster (in der Synergetik: Ordner, syn. \rightarrow Ordnungsparameter), die sich bilden: diese sind nicht durch die Randbedingungen (\rightarrow Kontrollparameter) determiniert, sondern können als eine emergente Hervorbringung des durch die Kontrollparameter getriebenen Systems gelten.

Soziophysiologische Kopplung: psycho-soziale Synchronisationen auf der Ebene physiologischer Parameter. Starke soziophysiologische Kopplung: Physiologische Signale werden direkt im Sinne einer Synchronisation von Oszillatoren gekoppelt (entrainment, Phasenkopplung des EKG, der Atmung). Schwache soziophysiologische Kopplung: Aus physiologischen Massen abgeleitete (sekundäre) Variablen werden sozial gekoppelt (z.B. gemeinsame Variation von mittlerer Herzfrequenz; Alpha-Anteil im EEG). Soziophysiologische Kopplung ist ein Beispiel von Komplexitätsreduktion (Bildung einer \rightarrow Prozessgestalt in einem \rightarrow PSS) durch soziale Interaktion. Bei einer soziophysiologischen Studie werden naheliegenderweise oft auch motorische Variablen (Gestik, Mimik, motorische Aktivität) erhoben. [s. Abschnitt 8.6.1]

Spektralanalyse: Methode der linearen \rightarrow Modellierung einer Zeitreihe durch Zerlegung in Schwingungskomponenten. Im Prinzip wird dieselbe Information ausgeschöpft, die auch in der \rightarrow ACF enthalten ist, die als Ausgangspunkt für \rightarrow ARMA-Modelle dient. [s. Abschnitt 3.1.1]

Stabilität: ein Fixpunkt \bar{x} wird stabil genannt, wenn eine Lösung des Systems ($x(t)$ in der Nachbarschaft von \bar{x}) mit wachsendem t in der Nachbarschaft verbleibt. Ein Fixpunkt \bar{x} wird asymptotisch stabil genannt, wenn für eine Lösung des Systems $x(t) \rightarrow \bar{x}$ für $t \rightarrow \infty$ gilt. Ein Attraktor ist global stabil, wenn gezeigt werden kann, dass dies nicht nur für Lösungen in seiner Nachbarschaft gilt. Stabilität kann über eine Lyapunov-Funktion verstanden werden (bei mechanischen Systemen oft Energie), die entlang der Trajektorien (Lösungskurven) des Systems abnimmt. [s. Abschnitt 3.2.1]

Surrogatdatenmethode: auch Surrogattest, s. \rightarrow Bootstrap-Methode

System: eine Menge von Gegenständen (Elementen, Komponenten), die in Beziehung zueinander stehen; ein Sachverhalt. Klassischerweise wird ein System durch einen externen Beobachter aufgrund von Kriterien definiert: solche Kriterien sind 1) die Art der Beziehung, 2) Attribute der Komponenten, 3) Festlegung der Systemgrenze. Komplexe Systeme bestehen aus sehr vielen Komponenten, die die Mikroebene des komplexen Systems darstellen. [s. Abschnitt 6.1]

System, dissipatives: oft syn. selbstorganisierendes System. Gegensatz zu \rightarrow konservatives System.

System, dynamisches: ein dynamisches System ist ein \rightarrow Sachverhalt, für den 1) eine Regel (Rechenvorschrift, Gleichung) angegeben werden kann, die besagt, wie sich dieser Sachverhalt in der Zeit ändert; 2) eine Angabe über den Zustand des

Sachverhalts zu einem Zeitpunkt t_0 vorliegt. Ein kontinuierliches dynamisches System kann mit einem Satz von m Differentialgleichungen erster Ordnung unter Angabe von Anfangswerten beschrieben werden. Ein diskretes dynamisches System ist durch eine Iterationsvorschrift (\rightarrow Abbildung) gegeben. Beliebige weitere Formen von dynamischen Systemen sind möglich (z.B. Angabe eines Vektorfeldes im \rightarrow Phasenraum; Definition eines zellulären Automaten in einem Computer etc.).

TDS: Theorie dynamischer Systeme.

Trajektorie: eine kontinuierliche Abfolge von Zuständen eines dynamischen Systems ergibt geometrisch eine Kurve im \rightarrow Phasenraum, den "Weg", den die Dynamik des Systems einschlägt. Eine Trajektorie ist allgemein gesprochen eine Lösungskurve für ein Anfangswertproblem (\rightarrow dynamisches System), das durch einen Anfangswert x_0 und eine Differentialgleichung $F(x,t)$ gegeben ist. Eine grundlegende Forderung der TDS ist, dass sich Trajektorien nicht schneiden können.

TS: Therapiesystem, ein \rightarrow PSS; bestehend aus Therapeut(en) und Patient(en) in wechselseitiger Kopplung.

Valenz: Sammelbegriff für eine motivationale Variable in einem \rightarrow KPS. Die motivationale Funktion bildet dabei lediglich eine Randbedingung, unter der sich die \rightarrow Verhaltenskerne eines KPS so selbstorganisieren, dass eine \rightarrow Prozessgestalt entsteht. In Begriffen der Synergetik: Valenz heisst der \rightarrow Kontrollparameter, der den Rahmen für die Ordnungsbildung im psychologischen System vorgibt. Valenzen sind in der Regel Parameter, die das informationelle/motivationale \rightarrow Nichtgleichgewicht des (informationsoffenen) KPS beschreiben. Der Valenzraum kann mehrdimensional sein. Valenzen entstammen der "Hülle nichtpsychologischer Tatsachen" Lewins. Bei Lewin werden Valenzen (ursprüngl. "Aufforderungscharakter") als Spannungszustände oder Kraftfeld im \rightarrow Lebensraum gefasst; diese Kräfte- bzw. Vektormetapher ist dem Valenzbegriff hier nicht eigen. [s. Definition 5.4; Postulat 6.3]

Verhalten: (syn. Handlung) makroskopische Dynamik von \rightarrow KPS. Vorausgegangen ist die Bildung einer \rightarrow Prozessgestalt, in der ein \rightarrow Verhaltenskern makroskopisch effektiv wird.

Verhaltenskern: Element eines \rightarrow KES, eine mikroskopische psychologische Variable. Ein hypothetisches Konstrukt (vergleichbar den Bewegungsformen der Komponenten des Bénard-Systems), das eine rudimentäre Verhaltenstendenz oder -bereitschaft bezeichnet. [s. Postulat 6.1]

Zufall: (syn. noise, Rauschen, stochastischer Anteil) Bezeichnung für einen nicht weiter aufklärbaren, erratischen Teil der Dynamik eines Systems. Der Zufallsanteil der Dynamik ist derjenige Teil der Varianz, der mit keiner anderen Variable in Zusammenhang gebracht werden kann. Es ist Ziel der \rightarrow Modellierung, den Zufallsanteil möglichst klein zu machen (z.B. indem anscheinend zufällige Varianz als \rightarrow makroskopisches Chaos modelliert wird). Quellen von Zufallseinflüssen können

verschieden sein: Beobachtungsfehler (in der Modellierung additiver Term "observational noise"), Systemfluktuationen und Umweltfluktuationen (zu modellieren als fluktuierende Valenzen mit u.U. gravierenden Auswirkungen auf die Dynamik: "dynamical noise"). Dynamical noise ist ein mögliches Resultat eines →stochastischen Endosystems.

Zustandsraummodell: eine Form der linearen →Modellierung von Zeitreihen. Die Grundgleichungen sind eine Beobachtungsgleichung (observation equation): "Beobachtung=Signal+noise", sowie eine Übergangsgleichung (transition equation), die den m -dimensionalen Zustandsvektor auf der Basis vergangener Zustände aktualisiert. Die Modellierung mit Zustandsraummodellen eignet sich insbesondere bei multiplen Zeitreihen von Beobachtungen der Zustandsvariablen. Zustandsraummodelle der Ordnung 1 sind psychologisch gut interpretierbar (als Wirkungsgefüge verschiedener Variablen eines Systems).

Literatur

- Abarbanel HDI, Brown R, Sidorowich JJ & Tsimring LS (1993). The Analysis of Observed Chaotic Data in Physical Systems. *Reviews of Modern Physics*, 65, 1331-1392.
- Abraham FD & Gilgen AR (Eds.)(1995). *Chaos Theory in Psychology*. Westport: Praeger.
- Abraham RH & Shaw CD (1984). *Chaotic Behavior*. Santa Cruz: Aerial Press. Dynamics — the Geometry of Behavior, Vol.2.
- Abraham RH & Shaw CD (1992). *Dynamics - The Geometry of Behavior*. Redwood City: Addison-Wesley.
- Ach N (1910). *Über den Willensakt und das Temperament*. Leipzig: Quelle und Meyer.
- Aebi E, Ciompi L & Hansen H (1993a). *Soteria im Gespräch — über eine alternative Schizophreniebehandlung*. Bonn: Psychiatrie-Verlag.
- Aebi E, Ackermann K & Revenstorf D (1993b). Ein Konzept der sozialen Unterstützung für akut Schizophrene. *Zeitschrift für Klinische Psychologie, Psychopathologie und Psychotherapie*, 41, 18-30.
- Aguilera DC (1990). *Crisis Intervention — Theory and Methodology*. St. Louis: C.V. Mosby Company.
- Akaike H (1974). A New Look at the Statistical Model Identification. *IEEE Transaction on Automatic Control*, 19, 716-723.
- Akaike H (1976). Canonical Correlations Analysis of Time Series and the Use of an Information Criterion. In: Mehra R & Lainiotis DG (Eds.), *Advances and Case Studies in System Identification*, New York: Academic Press.
- an der Heiden U (1992). Chaos in Health and Disease — Phenomenology and Theory. In: Tschacher W, Schiepek G & Brunner EJ (Eds.), *Self-Organization and Clinical Psychology*, (S. 55-87). Berlin: Springer.
- an der Heiden U (1993). Dynamische Krankheiten — Konzept und Beispiele. *Verhaltensmodifikation und Verhaltensmedizin*, 14, 51-65.
- Anderson JR (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge: Harvard University Press.
- Anderson T (1987). The Reflecting Team: Dialogue and Meta-Dialogue in Clinical Work. *Family Process*, 26, 415-428.
- Andreasen NC & Olsen S (1982). Negative vs. Positive Schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 39, 789-794.
- Arnheim R (1978). *Kunst und Sehen — Eine Psychologie des schöpferischen Auges*. Berlin: de Gruyter. (Erstveröff. 1954).
- Ashby WR (1952). *Design for a Brain*. New York: Wiley.
- Ashby WR (1985). *Einführung in die Kybernetik*. Frankfurt: Suhrkamp. (engl. Original: 1956).
- Atmanspacher H (1994). Objectification as an Endo-Exo Transition. In: Atmanspacher H & Dalenoort GJ (Eds.), *Inside Versus Outside*, (S. 15-32). Berlin: Springer.
- Atmanspacher H & Dalenoort GJ (Eds.)(1994). *Inside Versus Outside*. Berlin: Springer.

ger.

- Babloyantz A (1986). Evidence of Chaotic Dynamics of Brain Activity During the Sleep Cycle. In: Mayer-Kress G (Ed.), *Dimensions and Entropies in Chaotic Systems*, (S. 241- 245). Berlin: Springer.
- Babloyantz A & Destexhe A (1988). Is the Normal Heart a Periodic Oscillator? *Biol Cybern*, 58, 203-211.
- Bak P & Chen K (1991). Selbstorganisierte Kritizität. *Spektrum der Wissenschaft*, (3/91), 62-71.
- Bales RF & Cohen SP (1982). *SYMLOG. A Manual for the Case Study of Groups*. New York: Macmillan.
- Bandler R & Grinder J (1982). *Reframing. (Neuro-linguistic Programming and the Transformation of Meaning)*. Moab: Real People Press.
- Bandura A (1977). Self-Efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. *Psychological Review*, 84, 191-215.
- Banerjee S, Sibbald PR & Maze J (1990). Quantifying the Dynamics of Order and Organization in Biological Systems. *Journal of Theoretical Biology*, 143, 91-111.
- Barker RG (1968). *Ecological Psychology*. Stanford: Stanford University Press.
- Bateson G (1972). *Steps to an Ecology of Mind*. New York: Ballantine Books.
- Bateson G, Jackson DD, Haley J & Weakland J (1956). Toward a Theory of Schizophrenia. *Behavioral Science*, 1, 251-264.
- Bélair J, Glass L, an der Heiden U & Milton J (Eds.)(1995). *Dynamical Disease*. Woodbury, NY: American Institute of Physics Press.
- Bergé P, Pomeau Y & Vidal C (1984). *Order Within Chaos. Towards a Deterministic Approach to Turbulence*. New York: Wiley.
- Bergin AE & Garfield SL (Eds.)(1994). *Handbook of Psychotherapy and Behavior Change*. New York: Wiley.
- Bertalanffy L v (1968). *General System Theory*. New York: Braziller.
- Birbaumer N & Schmidt RF (1989). *Biologische Psychologie*. Berlin: Springer.
- Bischof N (1985). *Das Rätsel Ödipus. (Die biologischen Wurzeln des Urkonfliktes von Intimität und Autonomie)*. München: Piper.
- Bischof N (1990). Ordnung und Organisation als heuristische Prinzipien des reduktiven Denkens. *Nova acta Leopoldina*, (63), 285-312.
- Bischof N (1995). *Struktur und Bedeutung: eine Einführung in die Systemtheorie*. Bern: Huber.
- Bloomfield P (1976). *Fourier Analysis of Time Series: An Introduction*. New York: Wiley.
- Bohr N (1963). *On Atomic Physics and Human Knowledge*. New York: Interscience Publishers.
- Bortz G (1993). *Lehrbuch der Statistik. (Für Sozialwissenschaftler)*. Berlin: Springer.
- Boscolo L, Cecchin G, Hoffman L & Penn P (1988). *Familientherapie - Systemtherapie. (Das Mailänder Modell)*. Dortmund: verlag modernes lernen.
- Box GEP & Jenkins G (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco: Holden-Day.
- Braitenberg V (1986). *Künstliche Wesen: Verhalten kybernetischer Vehikel*. Braunschweig: Vieweg.

- Brenner HD (1989). The Treatment of Basic Psychological Dysfunctions From a Systemic Point of View. *British Journal of Psychiatry*, 155(suppl. 5), 74-83.
- Brenner HD, Roder V, Hodel B & Kienzle N (1994). *Integrated Psychological Therapy for Schizophrenic Patients*. Toronto: Hogrefe.
- Briggs J & Peat FD (1989). *Turbulent Mirror: An Illustrated Guide to Chaos Theory and the Science of Wholeness*. New York: Harper & Row.
- Brodkey H (1989). *Stories in an Almost Classical Mode*. Vintage: New York.
- Brooks DR & Wiley EO (1988). *Evolution as Entropy*. Chicago: University of Chicago Press. (2nd ed).
- Brunner EJ (1986). *Grundfragen der Familientherapie. (Systemische Theorie und Methodologie)*. Berlin: Springer.
- Brunner EJ (1988). Pioniere systemischen Denkens. In: Reiter L, Brunner EJ & Reiter-Theil S (Eds.), *Von der Familientherapie zur systemischen Perspektive*, (S. 273-284). Berlin: Springer.
- Brunner EJ & Tschacher W (1991). Distanzregulierung und Gruppenstruktur beim Prozess der Gruppenentwicklung. I: Theoretische Grundlagen und methodische Überlegungen. *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 22, 87-101.
- Brunner EJ & Lenz G (1993). Was veranlasst ein Klientensystem zu sprunghaften Veränderungen? *System Familie*, 6, 1-9.
- Brunner EJ, Tschacher W & Nowack W (1994). Gruppenentwicklung als Selbstorganisationsprozess der Musterbildung. *Gestalt-Theory*, 16, 89-100.
- Brunner EJ & Tschacher W (1995). Computerunterstützte Inhaltsanalyse einer Gruppensitzung. Welches Thema setzt sich in der Gruppe durch? In: Bos W & Tarnai C (Eds.), *Computerunterstützte Inhaltsanalyse in den Empirischen Sozialwissenschaften. Theorie – Anwendung – Software*. Münster: Waxmann.
- Bunge M (1979). *Treatise on Basic Philosophy. Vol. 4, Ontology II: A World of Systems*. Dordrecht: Reidel.
- Bunge M & Ardila R (1987). *Philosophy of Psychology*. New York: Springer.
- Burlingame GM, Fuhrman A & Barnum KR (1995). Group Therapy as a Nonlinear Dynamical System: Analysis of Therapeutic Communication for Chaotic Patterns. In: Abraham FD & Gilgen AR (Eds.), *Chaos Theory and Psychology*, (S. 87-105). Westport: Praeger.
- Bütz MR (1993). Practical Applications from Chaos Theory to the Psychotherapeutic Process: A Basic Consideration of Dynamics. *Psychological Reports*, 73, 543-554.
- Çambel AB (1993). *Applied Chaos Theory: A Paradigm for Complexity*. Boston: Academic Press.
- Caplan G (1964). *Principles of Preventive Psychiatry*. New York: Basic Books.
- Casdagli M (1992). Chaos and Deterministic Versus Nonlinear Modelling. *Journal of the Royal Statistical Society*, 2, 2-29.
- Caspar F, Rothenfluh T & Segal Z (1992). The Appeal of Connectionism for Clinical Psychology. *Clinical Psychology Review*, 12, 719-762.
- Cattell RB (1965). *The Scientific Analysis of Personality*. Baltimore: Penguin Books.
- Chatfield C (1989). *The Analysis of Time Series: An Introduction*. London: Chapman and Hall.
- Ciampi L (1982). *Affektlogik*. Stuttgart: Klett-Cotta.

- Ciampi L (1991). Affects as Central Organising and Integrating Factors. *British Journal of Psychiatry*, 159, 97-105.
- Ciampi L & Müller C (1976). *Lebensweg und Alter der Schizophrenen. Eine katamnestische Langzeitstudie*. Berlin: Springer.
- Ciampi L, Ambühl B & Dünki R (1992). Schizophrenie und Chaostheorie. *System Familie*, 5, 133-147.
- Conrad K (1958). *Die beginnende Schizophrenie*. Stuttgart: Thieme.
- Cranach M v, Kalbermatten U, Indermühle K & Gugler B (1980). *Zielgerichtetes Handeln*. Stuttgart: Huber.
- Cronin J (1973). The Danziger-Elmergreen Theory of Periodic Catatonic Schizophrenia. *Bull. Math. Biology*, 35, 689-707.
- Crow TJ (1985). The Two-Syndrome Concept: Origins and Current Status. *Schizophrenia Bulletin*, 11, 471-486.
- Crutchfield JP (1994). Observing Complexity and the Complexity of Observation. In: Atmanspacher H & Dalenoort GJ (Eds.), *Inside Versus Outside*, (S. 235-272). Berlin: Springer.
- Csikszentmihalyi M (1987). *Das Flow-Erlebnis*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Danziger L & Elmergreen GL (1954). Mathematical Theory of Periodic Relapsing Catatonia. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 16, 15-21.
- Delespaul P (1995). *Assessing Schizophrenia in Daily Life. The Experience Sampling Method*. Maastricht: Universitaire Pers Maastricht.
- Dickey DA, Bell WR & Miller RB (1986). Unit Roots in Time Series Models: Tests and Implications. *American Statistician*, 40, 12-26.
- Dörner D (1983). Empirische Psychologie und Alltagsrelevanz. In: Jüttemann G (Ed.), *Psychologie in der Veränderung*, (S. 13-29). Weinheim: Beltz.
- Dörner D, Kreuzig HW, Reither F & Stäudel T (Eds.)(1983). *Lohhausen: Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität*. Bern: Huber.
- Drazin K (1992). *Nonlinear Systems*. Berlin: Springer.
- Driesch H (1925). "Physische Gestalten" und Organismen. *Annalen der Philosophie*, 5, 5.
- Eckmann J-P & Ruelle D (1985). Ergodic Theory of Chaos and Strange Attractors. *Reviews of Modern Physics*, 57, 617-656.
- Edelman GM (1989). *The Remembered Present – A Biological Theory of Consciousness*. New York: Basic Books.
- Edelman GM (1992). *Bright Air, Brilliant Fire – On the Matter of the Mind*. New York: Basic Books.
- Ehrenfels Ch v (1890). Über Gestaltqualitäten. *Vierteljahresschr. f. wiss. Phil.*, 14, 249ff.
- Eiser JR (1993). *Attitudes, Chaos, and the Connectionist Mind*. Oxford: Blackwell.
- Eisler H & Ottander C (1963). On the Problem of Hysteresis in Psychophysics. *Journal of Experimental Psychology*, 65, 530-536.
- Emrich H (1990). *Psychiatrische Anthropologie*. München: Pfeiffer.
- Emrich H & Hohenschutz C (1992). Psychiatric Disorders: Are They "Dynamical Diseases"? In: Tschacher W, Schiepek G & Brunner EJ (Eds.), *Self-Organization*

- and *Clinical Psychology*, (S. 204-212). Berlin: Springer.
- Enke H (1983). Soziophysiologie. In: Enke H & Tschuschke V (Eds.), *Psychotherapeutisches Handeln*, (S. 101-118). Stuttgart: Kohlhammer.
- Epstein W (1988). Has the Time Come to Rehabilitate Gestalt Theory? *Psychological Research*, 50, 2-6.
- Ertel S, Kemmler L & Stadler M (Eds.)(1975). *Gestalttheorie in der modernen Psychologie*. Darmstadt: Steinkopff.
- Farmer JD, Ott E & Yorke JA (1983). The Dimension of Chaotic Attractors. *Physica D*, 7, 153-180.
- Fassheber P, Niemeyer HG & Kordowski C (1990). *Methoden und Befunde der Interaktionsforschung mit dem SYMLOG-Konzept*. Georg-August-Universität Göttingen: 18. Bericht aus dem Institut für Wirtschafts- und Sozialpsychologie.
- Festinger L (1964). *Conflict, Decision, and Dissonance*. Stanford: Stanford University Press.
- Fodor JA (1987). *Psychosemantics. The Problem of Meaning in the Philosophy of Mind*. Cambridge: MIT Press.
- Foerster H v (1985). Entdecken oder Erfinden. Wie lässt sich Verstehen verstehen? In: Gumin H & Mohler A (Eds.), *Einführung in den Konstruktivismus*, (S. 27-68). München: Oldenbourg.
- Freud S (1912). Ratschläge für den Arzt bei der psychoanalytischen Behandlung. *Gesammelte Werke* Vol. VIII. Frankfurt: Fischer.
- Freud S (1937). Die endliche und die unendliche Analyse. *Gesammelte Werke* Vol. XVI, (S. 57-99). Frankfurt: Fischer.
- Frey D & Gaska A (1993) Die Theorie der kognitiven Dissonanz. In: Frey D & Irle M. (Eds.), *Theorien der Sozialpsychologie. Band 1: Kognitive Theorien*, (S. 275-324). Bern: Huber.
- Friedrich R & Uhl C (1992). Synergetic Analysis of Human Electroencephalograms: Petit-Mal Epilepsy. In: Friedrich R & Wunderlin A (Eds.), *Evolution of Dynamical Structures in Complex Systems*, (S. 249-265). Berlin: Springer.
- Fuhrer U (1984). *Mehrfachhandeln in dynamischen Umfeldern*. Göttingen: Hogrefe.
- Fuller WA (1976). *Introduction to Statistical Time Series*. New York: Wiley.
- Gehm T (1991). *Emotionale Verhaltensregulierung*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Gehm T (1995). Selbstorganisierte Untersuchungsdesigns in der Kleingruppenforschung. Oder: Warum nicht Chaos mit Chaos angehen? In: Langthaler W & Schiepek G (Eds.), *Selbstorganisation und Dynamik in Gruppen*, (S. 3-36). Münster: Lit.
- Gehm T (1997). Zwischen Ich und Wir. Kleingruppenbildung als selbstorganisierter Prozess. (Und warum ihn gerade Gruppen untersuchen sollten). In: Schiepek G & Tschacher W (Eds.), *Selbstorganisation in Psychologie und Psychiatrie*. Braunschweig: Vieweg.
- Gibson JJ (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gjessing R (1932). Beiträge zur Kenntnis der Pathophysiologie des katatonen Stu-

- pors. *Arch. Psychiat.*, 96, 319-393.
- Glansdorff P & Prigogine I (1971). *Thermodynamic Theory of Structure, Stability, and Fluctuations*. New York: Wiley.
- Glaserfeld E v (1987). *Wissen, Sprache und Wirklichkeit. (Arbeiten zum radikalen Konstruktivismus)*. Braunschweig: Vieweg.
- Glass L & Mackey MC (1988). *From Clocks to Chaos. The Rhythms of Life*. Princeton: University Press.
- Gleick J (1987). *Chaos — Making a New Science*. New York: Viking.
- Globus GG & Arpaia JP (1994). Psychiatry and the New Dynamics. *Biological Psychiatry*, 35, 352-364.
- Goldberger AL & Rigney DR (1988). Sudden Death is not Chaos. In: Kelso JAS, Mandell AJ & Shlesinger MF (Eds.), *Dynamic Patterns in Complex Systems*, (S. 248-264). Singapore: World Scientific.
- Goldberger AL, Rigney DR & West BJ (1990). Chaos and Fractals in Human Physiology. *Scientific American*, 262, 34-41.
- Gottman JM, McFall RM & Barnett JT (1969). Design and Analysis of Research Using Time Series. *Psychological Bulletin*, 72, 299-306.
- Gottschalk A, Bauer MS & Whybrow PC (1995). Evidence of Chaotic Mood Variation in Bipolar Disorder. *Archives of General Psychiatry*, 52, 947-959.
- Grassberger P & Procaccia I (1983a). Measuring the Strangeness of Strange Attractors. *Physica 9D*, 189-208.
- Grassberger P & Procaccia I (1983b). Characterization of Strange Attractors. *Physical Review Letters*, 50, 346-349.
- Graumann CF (Ed.)(1978). *Ökologische Perspektiven in der Psychologie*. Bern: Huber.
- Grawe K (1987). *Schemata — Theorie und Heuristische Psychotherapie*. Psychologisches Institut der Universität Bern: Forschungsbericht (2. Auflage 1/1987).
- Grawe K (1988). Heuristische Psychotherapie: Eine schematheoretisch fundierte Konzeption des Psychotherapieprozesses. *Integrative Therapie*, 4, 309-324.
- Grawe K (1992). Psychotherapieforschung zu Beginn der neunziger Jahre. *Psychologische Rundschau*, 43, 132-162.
- Grawe K, Caspar F & Ambühl H (1990). Differentielle Psychotherapieforschung: Vier Therapieformen im Vergleich. *Zeitschrift für Klinische Psychologie*, 19, (ganzes Heft).
- Grawe K & Braun U (1994). Qualitätskontrolle in der Psychotherapiepraxis. *Zeitschrift für Klinische Psychologie*, 23, 242-267.
- Grawe K, Donati R & Bernauer F (1994). *Psychotherapie im Wandel. Von der Konfession zur Profession*. Göttingen: Hogrefe.
- Greenberg LS (1991). Research on the Process of Change. *Psychotherapy Research*, 1, 3-16.
- Gregson RAM (1983). *Time Series in Psychology*. Hillsdale: Erlbaum.
- Guastello SJ (1995). *Chaos, Catastrophe, and Human Affairs: Applications of Nonlinear Dynamics to Work, Organizations, and Social Evolution*. Hillsdale: Erlbaum.
- Guckenheimer J & Holmes P (1983). *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields*. New York: Springer.

- Häfner H & Maurer K (1991). Are there two Types of Schizophrenia? In: Marneros A, Andreasen NC & Tsuang MT (Eds.), *Negative Versus Positive Schizophrenia*, (S. 134-159). Berlin: Springer.
- Haken H (1983). *Advanced Synergetics. (Instability Hierarchies of Selforganizing Systems and Devices)*. Berlin: Springer.
- Haken H (1984). *Erfolgsgeheimnisse der Natur. (Synergetik: Die Lehre vom Zusammenwirken)*. Frankfurt: Ullstein.
- Haken H (Ed.)(1987). *Computational Systems - Natural and Artificial*. Berlin: Springer.
- Haken H (1988a). *Information and Self-Organization (A Macroscopic Approach to Complex Systems)*. Berlin: Springer.
- Haken H (Ed.)(1988b). *Neural and Synergetic Computers*. Berlin: Springer.
- Haken H (1990). *Synergetik — eine Einführung. (Nichtgleichgewichts-Phasenübergänge und Selbstorganisation in Physik, Chemie und Biologie)*. Berlin: Springer. (2. Auflage).
- Haken H (1993). Are Synergetic Systems (Including Brains) Machines? In: Haken H, Karlqvist A & Svedin U (Eds.), *The Machine as Metaphor and Tool*, (S. 123-138). Berlin: Springer.
- Haken H (1996). *Principles of Brain Functioning: A Synergetic Approach to Brain Activity, Behavior, and Cognition*. Berlin: Springer.
- Haken H & Stadler M (Eds.)(1990). *Synergetics of Cognition*. Berlin: Springer.
- Haken H & Koepchen HP (Eds.)(1991). *Rhythms in Physiological Systems*. Berlin: Springer.
- Haken H & Wunderlin A (1991). *Die Selbststrukturierung der Materie*. Braunschweig: Vieweg.
- Hall AD & Fagen RE (1968). Definition of System. In: Buckley W (Ed.), *Modern Systems Research for the Behavioral Scientist*, (S. 81-92). Chicago: Aldine.
- Handke P (1994). *Mein Jahr in der Niemandsbucht*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Hebb DO (1949). *The Organization of Behavior*. New York: Wiley.
- Heckhausen H (1987). Wünschen — Wählen — Wollen. In: Heckhausen H, Gollwitzer PM & Weinert FE (Eds.), *Jenseits des Rubikon: Der Wille in den Humanwissenschaften*, (S. 3-9). Berlin: Springer.
- Heckhausen H (1989). *Motivation und Handeln*. Berlin: Springer. (2. Auflage).
- Heckhausen H & Kuhl J (1985). From Wishes to Action: The Dead Ends and Short Cuts on the Long Way to Action. In: Frese M & Sabini J (Eds.), *Goal Directed Behavior: The Concept of Action in Psychology*, (S. 134-160). Hillsdale: Erlbaum.
- Heckhausen H, Gollwitzer PM & Weinert FE (Eds.)(1987). *Jenseits des Rubikon: Der Wille in den Humanwissenschaften*. Berlin: Springer.
- Hegel GWF (1989). *Phänomenologie des Geistes*. Frankfurt: Suhrkamp. (Originalausgabe: 1832).
- Heider F (1958). *The Psychology of Interpersonal Relations*. New York: Wiley.
- Helbing D (1995). *Quantitative Sociodynamics: Stochastic Methods and Models of Social Interaction Processes*. Dordrecht: Kluwer.
- Helson H (1933). The Fundamental Propositions of Gestalt Psychology. *Psychological Review*, 40, 13-32.
- Helson H (1975). Why Did Their Precursors Fail and the Gestalt Psychologists Suc-

- ceed? In: Ertel S, Kemmler L & Stadler M (Eds.), *Gestalttheorie in der modernen Psychologie*, (S. 13-20). Darmstadt: Steinkopff.
- Henry WP, Strupp HH, Schacht TE & Gaston L (1994). Psychodynamic Approaches. In: Bergin AE & Garfield SL (Eds.), *Handbook of Psychotherapy and Behavior Change*, (S. 467-508). New York: Wiley.
- Herrmann T (1976). Ganzheitspsychologie und Gestalttheorie. In: H. Balmer (Ed.), *Die Psychologie des 20. Jahrhunderts. Vol. 1: Die europäische Tradition*, (S. 573-658). Zürich: Kindler.
- Hersen M & Barlow DH (Eds.)(1976). *Single Case Experimental Designs*. Oxford: Pergamon.
- Hesch R-D (Ed.)(1989). *Endokrinologie*. München: Urban & Schwarzenberg.
- Hess U & Banse R (1992). Emotion und Interaktion: Imitation, Empathie und Ansteckung. In: Montada L (Ed.), *Bericht über den 38. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Trier 1992 Vol. 2*, (S. 896-898). Göttingen: Hogrefe.
- Hilgard ER & Bower GH (1966). *Theories of Learning*. New York: Appleton-Century-Crofts. (3. Auflage).
- Hirsch MW & Smale S (1974). *Differential Equations, Dynamical Systems, and Linear Algebra*. New York: Academic Press.
- Hoffman RE & McGlashan TH (1993). Parallel Distributed Processing and the Emergence of Schizophrenic Symptoms. *Schizophrenia Bulletin*, 15, 119-140.
- Höger R (1991). Chaos-Forschung und ihre Bedeutung für die Psychologie. *Psychologische Rundschau*, 43, 223-231.
- Horowitz MJ (1979). *States of Mind. (Analysis of Change in Psychotherapy)*. New York: Plenum.
- Huberman BA & Hogg T (1986). Complexity and Adaptation. *Physica D*, 22, 376-384.
- Hull CL (1952). *A Behavior System*. New Haven: Yale University Press.
- Jacobson GF (Ed.)(1980). *Crisis Intervention in the 1980s*. San Francisco: Jossey-Bass.
- James W (1890). *Principles of Psychology*. New York: Holt.
- Jantsch E (1979). *Die Selbstorganisation des Universums. (Vom Urknall zum menschlichen Geist)*. München: Hanser.
- Jaynes J (1976). *The Origin of Consciousness in the Breakdown of the Bicameral Mind*. Boston: Houghton Mifflin.
- Joyce J (1979). *Ulysses*. Frankfurt: Suhrkamp. (Erstveröff. 1922).
- Kaminski G (1973). Bewegungshandlungen als Bewältigung von Mehrfachaufgaben. *Sportwissenschaft*, 3, 233-250.
- Kaminski G (Ed.)(1986). *Ordnung und Variabilität im Alltagsgeschehen. Das Behavior-Setting-Konzept in den Sozial- und Verhaltenswissenschaften*. Göttingen: Hogrefe.
- Kampis G (1991). *Self-Modifying Systems: A New Framework for Dynamics, Information, and Complexity*. Oxford: Pergamon.
- Kampis G (1994). Biological Evolution as a Process Viewed Internally. In: Atmanspacher H & Dalenoort GJ (Eds.), *Inside Versus Outside*, (S. 85-110). Ber-

- lin: Springer.
- Kampis G & Rössler OE (1990). How Many "Demons" Do We Need? Endophysical Self-Creation of Material Structures and the Exophysical Mastery of Universal Libraries. In: Trappl R (Ed.), *Cybernetics and Systems*, (S. 27-34). Singapore: World Scientific.
- Kanfer FH (1977). Selbstmanagement-Methoden. In: Kanfer FH & Goldstein AP (Eds.), *Möglichkeiten der Verhaltensänderung*, (S. 350-406). München: Urban & Schwarzenberg.
- Kanizsa G & Luccio R (1990). The Phenomenology of Autonomous Order Formation in Perception. In: Haken H & Stadler M (Eds.), *Synergetics of Cognition*, (S. 186-200). Berlin: Springer.
- Kaplan D & Glass L (1995). *Understanding Nonlinear Dynamics*. New York: Springer.
- Kauffman SA (1993). *The Origins of Order — Self-Organization and Selection in Evolution*. New York: Oxford University Press.
- Kay SR, Opler LA & Fiszbein A (1986). Significance of Positive and Negative Syndromes in Chronic Schizophrenia. *British Journal of Psychiatry*, 149, 439-448.
- Kay SR & Sevy S (1990). Pyramidal Model of Schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 16, 537-545.
- Kelso JAS (1992). Coordination Dynamics of Human Brain and Behavior. In: Friedrich R & Wunderlin A (Eds.), *Evolution of Dynamical Structures in Complex Systems*, (S. 223-234). Berlin: Springer.
- Kelso JAS, DeGuzman GC & Holroyd T (1991). Synergetic Dynamics of Biological Coordination with Special Reference to Phase Attraction and Intermittency. In: Haken H & Koepchen HP (Eds.), *Rhythms in Physiological Systems*, (S. 195-214). Berlin: Springer.
- Kennel MB & Isabelle S (1992). Method to Distinguish Chaos from Colored Noise and to Determine Embedding Parameters. *Physical Review A*, 46, 3111-3118.
- Kennel MB, Brown R & Abarbanel HDI (1992). Determining Embedding Dimension for Phase-Space Reconstruction Using a Geometrical Construction. *Physical Reviews A*, 45, 3403-3411.
- Kimura B (1992). *Psychopathologie der Zufälligkeit oder Verlust des Aufenthaltsortes bei Schizophrenen*. Bern: Departementsvortrag Sozialpsychiatrische Universitätsklinik.
- Kleitman N & Engelmann TG (1953). Sleep Characteristics of Infants. *Journal of Applied Physiology*, 6, 269-282.
- Koçak H (1986). *Differential and Difference Equations through Computer Experiments*. New York: Springer. (With Diskettes Containing PHASER, An Animator/Simulator for Dynamical Systems for IBM Personal Computers).
- Koffka K (1935). *Principles of Gestalt Psychology*. New York: Harcourt, Brace and Company.
- Köhler W (1920). *Die physischen Gestalten in Ruhe und in stationärem Zustand*. Braunschweig: Vieweg.
- Köhler W (1929). Ein altes Scheinproblem. *Die Naturwissenschaften*, 17, 395-401.
- Köhler W (1932). Zur Boltzmannschen Theorie des zweiten Hauptsatzes. *Annalen der Philosophie*, 10, 336-353.

- Köhler W (1940). *Dynamics in Psychology*. New York: Liveright. (deutsch: 1958).
- Köhler W (1947). *Gestalt Psychology: An Introduction to New Concepts in Modern Psychology*. New York: Liveright.
- Kohut K (1971). *The Analysis of the Self*. New York: International Universities Press.
- Kolmogorov AN (1965). Three Approaches to the Definition of the Concept Quantity of Information. *IEEE Trans Inf Theory*, 14, 662-669.
- Kosko B (1991). *Signal Detection with Neural Networks*. New York: World Scientific Press.
- Kosko B (Ed.)(1992). *Neural Networks for Signal Processing*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Koukkou M, Lehmann D, Wackermann J, Dvorak I & Henggeler B (1993). EEG Dimensionality in Untreated Acute Schizophrenics. *Biological Psychiatry*, 33, 397-407.
- Krampen G & Wiesenhütter J (1993). Bibliometrische Befunde zur Entwicklung der Teildisziplinen der Psychologie. *Psychologische Rundschau*, 44, 25-34.
- Kratky K (1992). Chaos and Disorder. In: Tschacher W, Schiepek G & Brunner EJ (Eds.), *Self-Organization and Clinical Psychology*, (S. 88-101). Berlin: Springer.
- Kriz J (1990). Synergetics in Clinical Psychology. In: Haken H & Stadler M (Eds.), *Synergetics of Cognition*, (S. 393-404). Berlin: Springer.
- Kriz J (1992). *Chaos und Struktur*. München: Quintessenz.
- Kriz J (1994). Personenzentrierter Ansatz und Systemtheorie. *Personzentriert*, 1, 17-70.
- Kriz J, Kessler T & Runde B (1992). Dynamische Muster in der Fremdwahrnehmung. *Forschungsberichte aus dem Fachbereich Psychologie der Universität Osnabrück*, 87.
- Kruse L (1990). Raum und Bewegung. In: Kruse L, Graumann C-F & Lantermann E-D (Eds.), *Ökologische Psychologie: Ein Handbuch in Schlüsselbegriffen*, (S. 313-324). München: Psychologie Verlags Union.
- Kruse P & Stadler M (1990). Stability and Instability in Cognitive Systems — Some Old Phenomena and New Perspectives. In: Haken H & Stadler M (Eds.), *Synergetics of Cognition*, (S. 201-215). Berlin: Springer.
- Kruse P, Stadler M, Pavlekovic B & Gheorghiu V (1992). Instability and Cognitive Order Formation: Self-Organization Principles, Psychological Experiments, and Psychotherapeutic Interventions. In: Tschacher W, Schiepek G & Brunner EJ (Eds.), *Self-Organization and Clinical Psychology*, (S. 102-117). Berlin: Springer.
- Kuhl J (1983). *Motivation, Konflikt und Handlungskontrolle*. Berlin: Springer.
- Kuhl J (1987). Motivation und Handlungskontrolle: Ohne guten Willen geht es nicht. In: Heckhausen H, Gollwitzer PM & Weinert FE (Eds.), *Jenseits des Rubikon: Der Wille in den Humanwissenschaften*, (S. 101-120). Berlin: Springer.
- Kuhn TS (1967). *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Kuhl J & Beckmann J (Eds.)(1994). *Volition and Personality*. Seattle: Hogrefe & Huber.
- Lakatos I (1970). In: Lakatos I & Musgrave A (Eds.), *Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes. Criticism and the Growth of Knowledge*, (S. 91- 196). Cambridge: Cambridge University Press.

- Landsberg PT (1984). Can Entropy and "Order" Increase Together? *Physics Letters*, 102A, 171-173.
- Langthaler W & Schiepek G (Eds.)(1995). *Selbstorganisation und Dynamik in Gruppen*. Münster: Lit.
- Lantermann ED (1985). Kognitiv-emotionale Verhaltensregulation: Das Produkt-Signal-Impuls-Modell. In: Day P, Fuhrer U & Laucken J (Eds.), *Umwelt und Handeln*, (S. 287-307). Tübingen: Attempto.
- Lenz G, Osterhold G, Ellebracht H & Molter H (1992). Wenn ich wollte, könnte ich. Systemische Praxis — Erfahrungen und mögliche Beschreibungen. In: Osterhold G & Molter H (Eds.), *Systemische Suchttherapie*, (S. 115-132). Heidelberg: Asanger.
- Levenson RW & Ruef AM (1992). Empathy: A Physiological Substrate. *Journal of Personality and Social Psychology*, 63, 234-246.
- Levine RL & Fitzgerald HE (1992). *Analysis of Dynamic Psychological Systems, Vol. 1: Basic Approaches to General Systems*. New York: Plenum Press.
- Lewin K (1931). The Conflict between Aristotelian and Galilean Modes of Thought in Contemporary Psychology. *Journal of General Psychology*, 5, 141-177.
- Lewin K (1936). *Principles of Topological Psychology*. New York: McGraw-Hill. (deutsche Ausgabe (1969): Grundzüge der topologischen Psychologie. Bern: Huber, mit einem Vorwort der Herausgeber R. Falk und F. Winnefeld).
- Lewin K (1947). Frontiers in Group Dynamics. *Human Relations*, 1, 2-38.
- Lewin K (1948). *Resolving Social Conflicts (Selected Papers on Group Dynamics)*. New York: Harper & Row.
- Lewin K (1963). *Feldtheorie in den Sozialwissenschaften*. Bern: Huber.
- Lewinsohn PM (1975). The Behavioral Study and Treatment of Depression. In: Hersen M, Eisler RM & Miller PM (Eds.), *Progress in Behavior Modification*. New York: Academic Press.
- Lonie I (1991). Chaos Theory: A New Paradigm for Psychotherapy? *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*, 25, 548-560.
- Lorenz EN (1963). Deterministic Non-Periodic Flow. *J Atmos Sci*, 20, 130-141.
- Lorenz K (1973). *Die Rückseite des Spiegels. Versuch einer Naturgeschichte des menschlichen Erkennens*. München: Piper.
- Ludewig K (1992). *Systemische Therapie. Grundlagen Klinischer Theorie und Praxis*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Luhmann N (1984). *Soziale Systeme: Grundriss einer allgemeinen Theorie*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Lukoff D, Nuechterlein KH & Ventura J (1986). Manual for the Expanded Brief Psychiatric Rating Scale. *Schizophrenia Bulletin*, 12, 594-602.
- Lutzenberger W, Birbaumer N, Flor H, Rockstroh B & Elbert T (1992). Dimensional Analysis of the Human EEG and Intelligence. *Neuroscience Letters*, 143, 10-14.
- Mach E (1922). *Beiträge zur Analyse der Empfindungen*. Jena: Georg Fischer. (Erstveröff. 1886).
- Mackey MC & Glass L (1977). Oscillation and Chaos in Physiological Control Systems. *Science*, 197, 287-289.
- Mackey MC & an der Heiden U (1982). Dynamical Diseases and Bifurcations: Un-

- derstanding Functional Disorders in Physiological Systems. *Funct Biol Med*, 1, 156-164.
- Mahoney MJ (1991). *Human Change Processes. The Scientific Foundations of Psychotherapy*. Chicago: Basic Books.
- Mainzer K (1993). Philosophical Foundations of Nonlinear Complex Systems. In: Haken H & Mikhailov A (Eds.), *Interdisciplinary Approaches to Nonlinear Complex Systems*, (S. 32-43). Berlin: Springer.
- Mandelbrot BB (1987). *Die fraktale Geometrie der Natur*. Basel: Birkhäuser.
- Mann DW (1992). A Mathematical Model of the Self. *Psychiatry*, 55, 403-412.
- Marks-Tarlow T (1995). The Fractal Geometry of Human Nature. In: Robertson R & Combs A (Eds.), *Chaos Theory in Psychology and the Life Sciences*, (S. 275-283). Mahwah: Erlbaum.
- Marr D (1982). *Vision. (A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information)*. San Francisco: Freeman.
- Maruyama M (1963). The Second Cybernetics: Deviation-Amplifying Mutual Causal Processes. *American Scientist*, 51, 164-179.
- Maturana HR & Varela FJ (1987). *Der Baum der Erkenntnis*. Bern: Scherz.
- Maturana HR & Varela FJ (1980). *Autopoiesis and Cognition. (The Realization of the Living)*. Dordrecht: Reidel.
- Maurer K & Häfner H (1991). Dependence, Independence or Interdependence of Positive and Negative Symptoms. In: Marneros A, Andreasen NC & Tsuang MT (Eds.), *Negative Versus Positive Schizophrenia*, (S. 160-182). Berlin: Springer.
- Mayer-Kress G (Ed.) (1986). *Dimensions and Entropies in Chaotic Systems*. Berlin: Springer.
- Mayer-Kress G (1992). Chaos and Crises in International Systems. *Lecture given at the SHAPE Technology Symposium, Mons, Belgium (19/3/92-20/3/92)*,
- Mayer-Kress G & Layne SP (1987). Dimensionality of the Human Electroencephalogram. *Ann NY Acad Sci*, 504, 62-87.
- Mayer-Kress G, Yates FE, Benton L, Keidel M, Tirsch W, Pöpl SJ & Geist K (1988). Dimensional Analysis of Nonlinear Oscillations in Brain, Heart, and Muscle. *Mathematical Biosciences*, 90, 155-182.
- McClelland JL & Rumelhart DE (1988). *Explorations in Parallel Distributed Processing. (A Handbook of Models, Programs, and Exercises)*. Cambridge: MIT Press.
- McDougall W (1932). *The Energies of Men*. London: Methuen.
- Mead GH (1934). *Mind, Self, and Society from the Standpoint of a Social Behaviorist*. Chicago: University of Chicago Press.
- Meichenbaum D (1977). *Cognitive Behavior Modification — An Integrative Approach*. New York: Plenum Press.
- Meier-Koll A (1995). *Chronobiologie: Zeitstrukturen des Lebens*. München: Beck.
- Menninger KA (1946). *The Human Mind*. New York: Knopf. (3. Auflage).
- Metzger W (1963). *Psychologie*. Darmstadt: Steinkopff. (1. Auflage: 1940).
- Metzger W (1976). Gestalttheorie im Exil. In: H. Balmer (Ed.), *Die Psychologie des 20. Jahrhunderts. Vol. 1: Die europäische Tradition*, (S. 659-683). Zürich: Kinkler.
- Miller GA (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on

- Our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Miller GA (1984). Informavores. In: Machlup F & Mansfield U (Eds.), *The Study of Information. (Interdisciplinary Messages)*. New York: Wiley.
- Miller GA, Galanter E & Pribram KH (1960). *Plans and the Structure of Behavior*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Miller SL, Miller WM & McWorther PJ (1993). Extremal Dynamics: A Unifying Physical Explanation of Fractals, 1/f Noise, and Activated Processes. *J. Appl. Phys.*, 73, 2617-2628.
- Minsky M (1985). *Society of Mind*. New York: Simon & Schuster.
- Morrison F (1991). *The Art of Modeling Dynamic Systems: Forecasting for Chaos, Randomness, and Determinism*. New York: Wiley.
- Nagel T (1986). *The View from Nowhere*. Oxford: Oxford University Press.
- Neisser U (1974). *Kognitive Psychologie*. Stuttgart: Klett.
- Neisser U (1976). *Cognition and Reality. (Principles and Implications of Cognitive Psychology)*. San Francisco: Freeman.
- Nicolis G & Prigogine I (1987). *Die Erforschung des Komplexen*. München: Piper.
- Nicolis JS (1986). *Dynamics of Hierarchical Systems. (An Evolutionary Approach)*. Berlin: Springer.
- Nowak A, Szamrej J & Latané B (1990). From Private Attitude to Public Opinion: A Dynamic Theory of Social Impact. *Psychological Review*, 97, 362-376.
- Orlinsky DE & Howard KI (1986). Process and Outcome in Psychotherapy. In: Garfield SL & Bergin AE (Eds.), *Handbook of Psychotherapy and Behavior Change*, (S. 311-381). New York: Wiley.
- Orlinsky DE, Grawe K & Parks KB (1994). Process and Outcome in Psychotherapy — noch einmal. In: Bergin AE & Garfield SL (Eds.), *Handbook of Psychotherapy and Behavior Change*, (S. 270-376). New York: Wiley.
- Osborne AR & Provenzale A (1989). Finite Correlation Dimension for Stochastic Systems with Power Law Spectra. *Physica D*, 35, 357-379.
- Osgood CE, Suci GJ & Tannenbaum PH (1957). *The Measurement of Meaning*. Urbana: University of Illinois Press.
- Ott E, Grebogi C & Yorke JA (1990). Controlling Chaos. *Physical Review Letters*, 64, 1196-1199.
- Ott E, Sauer T & Yorke JA (Eds.)(1994). *Coping with Chaos: Analysis of Chaotic Data and the Exploitation of Chaotic Systems*. New York: Wiley.
- Parmelee AH (1961). Sleep Patterns in Infancy. A Study of One Infant from Birth to Eight Months of Age. *Acta paediatrica*, 50, 160-170.
- Paslack R (1991). *Urgeschichte der Selbstorganisation*. Braunschweig: Vieweg.
- Peitgen H-O & Richter PH (1986). *The Beauty of Fractals. (Images of Complex Dynamical Systems)*. Berlin: Springer.
- Petermann F (Ed.)(1989). *Einzelfallanalyse*. München: Oldenbourg.
- Pezard L, Nandrino J-L, Renault B, Massiou FE, Allilaire J-F, Varela FJ, & Martinerie J (1996). Depression as a Dynamical Disease. *Biological Psychiatry*, 39, 991-999.

- Pfeifer R & Scheier C (1994). From Perception to Action: The Right Direction? In: Gaussier P & Nicoud J-D (Eds.), *From Perception to Action*, (S. 1-11). Los Alamitos: IEEE Computer Society Press.
- Piaget J (1976). *Die Äquilibration der kognitiven Strukturen*. Stuttgart: Klett.
- Poincaré H (1899). *Les Methodes Nouvelles de la Mécanique Celeste*. Paris: Gauthier-Villars.
- Pöppel E, Ruhnau E, Schill K & v. Steinbüchel N (1990). A Hypothesis Concerning Timing in the Brain. In: Haken H & Stadler M (Eds.), *Synergetics of Cognition*, (S. 144-149). Berlin: Springer.
- Popper KR (1984). *Logik der Forschung*. Tübingen: Mohr. (Erstveröff. 1934).
- Popper KR & Eccles JC (1982). *Das Ich und sein Gehirn*. München: Piper.
- Prank K & Hesch R-D (1993). Chaos und Struktur in hormonalen Systemen — Beispielhafte Überlegungen zur synergetischen Medizin. In: Schiepek G & Spörkel H (Eds.), *Verhaltensmedizin als angewandte Systemwissenschaft*, (S. 66-79). Bergheim: Mackinger Verlag.
- Priestley MB (1988). *Non-Linear and Non-Stationary Time Series Analysis*. London: Academic Press.
- Prigogine I (1979). *Vom Sein zum Werden. (Zeit und Komplexität in den Naturwissenschaften)*. München: Piper.
- Prigogine I & Stengers I (1981). *Dialog mit der Natur: neue Wege naturwissenschaftlichen Denkens*. München: Piper.
- Primas H (1994). Endo- and Exo-Theories of Matter. In: Atmanspacher H & Dalenoot GJ (Eds.), *Inside Versus Outside*, (S. 163-194). Berlin: Springer.
- Pyragas K (1992). Continuous Control of Chaos by Self-Controlling Feedback. *Physics Letters A*, 170, 421-428.
- Quast C & Ruff A (1994). *Therapieverläufe aus der Sicht der Selbstorganisation (Synergetik)*. Eberhard-Karls-Universität Tübingen: unveröff. Diplomarbeit.
- Racker H (1988). *Übertragung und Gegenübertragung. (Studien zur psychoanalytischen Technik)*. München: Reinhardt.
- Rapp PE (1993). Chaos in the Neurosciences: Cautionary Tales From the Frontier. *Biologist*, 40, 89-94.
- Rapp PE, Jiménez-Montano MA, Langs RJ, Thomson L & Mees AI (1991). Toward a Quantitative Characterization of Patient-Therapist Communication. *Mathematical Biosciences*, 105, 207-227.
- Reiter L (1992). Clinical Constellations: A Concept for Therapeutic Practice. In: Tschacher W, Schiepek G & Brunner EJ (Eds.), *Self-Organization and Clinical Psychology*, (S. 323-337). Berlin: Springer.
- Reiter L & Strotzka H (1977). Der Begriff der Krise. *Psychiatria Clinica*, 10, 7-26.
- Reiter L, Brunner EJ & Reiter-Theil S (Eds.)(1988). *Von der Familientherapie zur Systemischen Perspektive*. Berlin: Springer. (2. Auflage 1997).
- Rensing L, an der Heiden U & Mackey MC (Eds.)(1987). *Temporal Disorders in Human Oscillatory Systems*. Berlin: Springer.
- Restorff H v (1933). Über die Wirkung von Bereichsbildungen im Spurenfeld. *Psychologische Forschung*, 18, 299-342.

- Revenstorf D & Vogel B (1989). Zur Analyse qualitativer Verlaufsdaten — ein Überblick. In: Petermann F (Ed.), *Einzelfallanalyse*, (S. 235-256). München: Oldenbourg.
- Robertson R & Combs A (Eds.)(1995). *Chaos Theory in Psychology and the Life Sciences*. Mahwah: Erlbaum.
- Rosen R (1970). *Dynamical System Theory in Biology*. New York: Wiley.
- Rosen S (1985). *Die Lehrgeschichten von Milton H. Erickson*. Hamburg: ISKO-Press.
- Rössler OE (1976). An Equation for Continuous Chaos. *Physics Letters*, 57A, 397-398.
- Rössler OE (1987). Chaos in Coupled Optimizers. *Annals New York Academy of Sciences*, 504, 229-240.
- Rössler OE (1992a). *Endophysik — Die Welt des inneren Beobachters*. Berlin: Merve.
- Rössler OE (1992b). Interactional Bifurcations in Human Interaction — A Formal Approach. In: Tschacher W, Schiepek G & Brunner EJ (Eds.), *Self-Organization in Clinical Psychology*, (S. 229-236). Berlin: Springer.
- Rössler OE (1994). Endophysik — Descartes Taken Seriously. In: Atmanspacher H & Dalenoort GJ (Eds.), *Inside Versus Outside*, (S. 153-162). Berlin: Springer.
- Roth G (1990). Gehirn und Selbstorganisation. In: Krohn W & Küppers G (Eds.), *Selbstorganisation: Aspekte einer wissenschaftlichen Revolution*, (S. 167-180). Braunschweig: Vieweg.
- Roux J-C, Simoyi RH & Swinney HL (1983). Observation of a Strange Attractor. *Physica D*, 8, 257-266.
- Rubin E (1921). *Visuell wahrgenommene Figuren*. Kopenhagen: Gyldendalske.
- Ruelle D (1990). Deterministic Chaos: The Science and the Fiction. *Proc Royal Soc London*, 427A, 241-248.
- Ruelle D (1991). *Chance and Chaos*. Princeton: Princeton University Press.
- Ruhnau E (1994). The Now — A Hidden Window to Dynamics. In: Atmanspacher H & Dalenoort GJ (Eds.), *Inside Versus Outside*, (S. 291-308). Berlin: Springer.
- Rumelhart DE & McClelland JL (1986). *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*. Cambridge: MIT Press.
- Saam N (1995). Multilevel Modeling with MIMOSE: Experience from a Social Science Application. In: Doran J, Gilbert GN, Mueller U & Troitzsch KG (Eds.), *Social Science Microsimulation*. Berlin: Springer.
- Sacks O (1985). *The Man who Mistook his Wife for a Hat*. London: Pan Books.
- Sass LA (1988). The Land of Unreality: On the Phenomenology of the Schizophrenic Break. *New Ideas in Psychology*, 6, 223-242.
- Scharfetter C (1995). *Schizophrene Menschen*. Weinheim: Psychologie Verlags Union. (4. Auflage).
- Schaub H & Schiepek G (1992). Simulation of Psychological Processes: Basic Issues and an Illustration Within the Etiology of a Depressive Disorder. In: Tschacher W, Schiepek G & Brunner EJ (Eds.), *Self-Organization and Clinical Psychology*, (S. 121-149). Berlin: Springer.
- Schefflen AE (1981). *Levels of Schizophrenia*. New York: Brunner & Mazel.

- Scheier C & Tschacher W (1994a). Nichtlineare Analyse dynamischer psychologischer Systeme I: Konzepte und Methoden. *System Familie*, 7, 133-144.
- Scheier C & Tschacher W (1994b). Gestaltmerkmale in psychologischen Zeitreihen. *Gestalt-Theory*, 16, 151-171.
- Scheier C & Tschacher W (1996). Appropriate Algorithms for Non-Linear Time Series Analysis in Psychology. In: Sulis W & Combs A (Eds.), *Nonlinear Dynamics in Human Behavior*, (S. 27-43). Singapore: World Scientific.
- Schiepek G (Ed.)(1987). *Systeme erkennen Systeme. (Individuelle, soziale und methodische Bedingungen systemischer Diagnostik)*. München: Psychologie Verlags Union.
- Schiepek G (1991). *Systemtheorie der Klinischen Psychologie*. Braunschweig: Vieweg.
- Schiepek G & Tschacher W (1992). Application of Synergetics to Clinical Psychology. In: Tschacher W, Schiepek G & Brunner EJ (Eds.), *Self-Organization and Clinical Psychology*, (S. 3-31). Berlin: Springer.
- Schiepek G, Fricke B & Kaimer P (1992). Synergetics of Psychotherapy. In: Tschacher W, Schiepek G & Brunner EJ (Eds.), *Self-Organization and Clinical Psychology*, (S. 239-267). Berlin: Springer.
- Schiepek G & Strunk G (1994). *Dynamische Systeme*. Heidelberg: Asanger.
- Schiepek G & Tschacher W (Eds.)(1997). *Selbstorganisation in Psychologie und Psychiatrie*. Braunschweig: Vieweg.
- Schmid GB (1991). Chaos Theory and Schizophrenia: Elementary Aspects. *Psychopathology*, 24, 185-198.
- Schmid GB & Koukkou M (1997). Chaos-Analyse von EEG-Verläufen bei psychotischen und remittierten Zustandsbildern. In: Schiepek G & Tschacher W (Eds.), *Selbstorganisation in Psychologie und Psychiatrie*. Braunschweig: Vieweg.
- Schmidt SJ (1987). Der Radikale Konstruktivismus: Ein neues Paradigma im interdisziplinären Diskurs. In: Schmidt SJ (Eds.), *Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus*, (S. 11-88). Frankfurt: Suhrkamp.
- Schmitz B (1989). *Einführung in die Zeitreihenanalyse (Modelle, Softwarebeschreibung, Anwendungen)*. Bern: Huber.
- Schneider H (1983). *Auf dem Wege zu einem neuen Verständnis des psychotherapeutischen Prozesses*. Bern: Huber.
- Schnyder U & Sauvant J-D (Eds.)(1993). *Krisenintervention in der Psychiatrie*. Bern: Huber.
- Schwartz G (1978). Estimating the Dimension of a Model. *Annals of Statistics*, 6, 461-464.
- Shaw R (1981). Strange Attractors, Chaotic Behavior, and Information Flow. *Z. Naturforsch. a*, 36, 80-112.
- Simon FB (Ed.)(1988). *Lebende Systeme. (Wirklichkeitskonstruktionen in der systemischen Therapie)*. Berlin: Springer.
- Simon FB (1989). Das deterministische Chaos schizophrener Denkers. *Familiendynamik*, 14, 236-258.
- Singer W (1990). Ontogenetic Self-Organization and Learning. In: McGaugh JL, Weinberger NM & Lynch G (Eds.), *Brain Organization and Memory: Cells, Systems and Circuits*, New York: Oxford University Press.

- Skarda CA & Freeman WJ (1987). How Brains Make Chaos in Order to Make Sense of the World. *Behavioral and Brain Science*, 10, 161-195.
- Skinner BF (1953). *Science and Human Behavior*. New York: Macmillan.
- Snow CP (1967). *Die zwei Kulturen*. Stuttgart: Klett.
- Spann O (1924). *Kategorienlehre*. Jena: Georg Fischer.
- Stadler M & Kruse P (1990). The Self-Organization Perspective in Cognition Research: Historical Remarks and New Experimental Approaches. In: Haken H & Stadler M (Eds.), *Synergetics of Cognition*, (S. 32-52). Berlin: Springer.
- Steitz A, Tschacher W, Ackermann K & Revenstorf D (1992). Applicability of Dimension Analysis to Data in Psychology. In: Tschacher W, Schiepek G & Brunner EJ (Eds.), *Self-Organization and Clinical Psychology*, (S. 367-384). Berlin: Springer.
- Stern D (1983). The Early Development of Schemas of Self, Other, and "Self with Other". In: Lichtenberg J & Kaplan S (Eds.), *Reflections on Self Psychology*, (S. 49-84). Hillsdale: Analytic Press.
- Stewart HB (1995). *Recent Trends in Dynamical Systems Theory*. Adelphi University NY: Lecture given at the Annual Conference of the Society for Chaos Theory in Psychology and the Life Sciences (11.8.1995).
- Strauss JS, Hafez H, Lieberman P & Harding CM (1985). The Course of Psychiatric Disorder, III: Longitudinal Principles. *Am J Psychiatry*, 142, 289-296.
- Sugihara G & May R (1990). Nonlinear Forecasting as a Way of Distinguishing Chaos from Measurement Error in Time Series. *Nature*, 344, 734-741.
- Svozil K (1994). Extrinsic-Intrinsic Concept and Complementarity. In: Atmanspacher H & Dalenoort GJ (Eds.), *Inside Versus Outside*, (S. 273-290). Berlin: Springer.
- Takens F (1981). Detecting Strange Attractors in Turbulence. In: Rand DA & Young LS (Eds.), *Lecture Notes in Mathematics*, (S. 898). Berlin: Springer.
- Theiler J (1990). Statistical Precision of Dimension Estimators. *Physical Review A*, 41, 3038-3051.
- Theiler J (1991). Some Comments on the Correlation Dimension of 1/f Noise. *Physics Letters A*, 155, 480-493.
- Theiler J, Galdrakian B, Longtin A, Eubank S & Farmer JD (1992). Using Surrogate Data to Detect Nonlinearity in Time Series. In: Casdagli M & Eubank S (Eds.), *Nonlinear Modeling and Forecasting*, (S. 163-182). Reading: Addison-Wesley.
- Thelen E & Smith LB (1994). *A Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action*. Cambridge: MIT Press.
- Thompson JMT & Stewart HB (1986). *Nonlinear Dynamics and Chaos. (Geometrical Methods for Engineers and Scientists)*. Chichester: Wiley.
- Thompson JMT & Stewart HB (1993). A Tutorial Glossary of Geometrical Dynamics. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 3, 223-239.
- Thompson JMT, Stewart HB & Ueda Y (1994). Safe, Explosive, and Dangerous Bifurcations in Dissipative Dynamical Systems. *Physical Review E*, 49, 1019-1027.
- Thoresen CE & Mahoney HJ (1974). *Behavioral Self-Control*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Tolman EC (1948). Cognitive Maps in Rats and Men. *Psychological Review*, 55, 189-208.

- Tong H (1990). *Non-Linear Time Series*. Oxford: Oxford University Press.
- Troitzsch KG (1990). *Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Tschacher W (1990). *Interaktion in selbstorganisierten Systemen. (Grundlegung eines dynamisch-synergetischen Forschungsprogramms in der Psychologie)*. Heidelberg: Asanger.
- Tschacher W (1995). *Informationen zu den Symposien "Herbstakademie"*. Universität Bern: <http://www.upd.unibe.ch/research/symposien.html> (über das Internet erreichbare web site).
- Tschacher W (1996). The Dynamics of Psychosocial Crises — Time Courses and Causal Models. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 184, 172-179.
- Tschacher W, Brunner EJ & Schiepek G (1990). Aspekte sozialwissenschaftlicher Synergetik. In: Brunner EJ & Greitemeyer D (Eds.), *Die Therapeutenpersönlichkeit: Theorie—Methodologie—Forschungspraxis*, (S. 194-201). Wildberg: Bögner-Kaufmann.
- Tschacher W & Brunner EJ (1992). Organization and Self-Organization. In: Friedrich R & Wunderlin A (Eds.), *Evolution of Dynamical Structures in Complex Systems*, (S. 382-391). Berlin: Springer.
- Tschacher W, Schiepek G & Brunner EJ (Eds.)(1992). *Self-Organization and Clinical Psychology: Empirical Approaches to Synergetics in Psychology*. Berlin: Springer.
- Tschacher W & Haas H (1994). Zeitreihenanalyse einer anthroposophisch erweiterten psychiatrischen Behandlung bei einer geistig behinderten, schizophrenen Patientin. In: Haltiner R & Egli J (Eds.), *Dezentrale Betreuung von Menschen mit geistiger Behinderung*, (S. 181-190). Luzern: Edition SZH.
- Tschacher W & Brunner EJ (1995). Empirische Studien zur Dynamik von Gruppen aus der Sicht der Selbstorganisationstheorie. *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 26, 78-91.
- Tschacher W & Scheier C (1995). Analyse komplexer psychologischer Systeme. II. Verlaufsmodelle und Komplexität einer Paartherapie. *System Familie*, 8, 160-171.
- Tschacher W & Grawe K (1996). Selbstorganisation in Therapieprozessen — Die Hypothese und empirische Prüfung der "Reduktion von Freiheitsgraden" bei der Entstehung von TherapieSystemen. *Zeitschrift für Klinische Psychologie*, 25, 55-60.
- Tschacher W & Rössler O (1996). The Self: A Processual Gestalt. *Chaos, Solitons & Fractals*, 7, 1011-1022.
- Tschacher W & Brunner EJ (1997). Theorie der Selbstorganisation und systemische Sicht der Psychotherapie. In: Reiter L, Brunner EJ, & Reiter-Theil S (Eds.), *Von der Familientherapie zur systemischen Perspektive*. Berlin: Springer. (2. Auflage).
- Tschacher W & Schiepek G (1997). Eine methodenorientierte Einführung in die synergetische Psychologie. In: Schiepek G & Tschacher (Eds.), *Selbstorganisation in Psychologie und Psychiatrie*. Braunschweig: Vieweg.
- Tschacher W, Scheier C & Hashimoto Y (1997a). Dynamical Analyses of Schizophrenia Courses. *Biological Psychiatry*, 41, 428-437.
- Tschacher W, Scheier C & Aebi E (1997b). Non-linearity and Chaos in the Course of Psychoses — an Empirically Based Classification of Dynamics. In: Brenner HD,

- Böker W & Genner R (Eds.), *Towards a Comprehensive Therapy for Schizophrenia*, (S. 32-48). Seattle: Hogrefe & Huber.
- Tschacher W & Scheier C (im Druck). The Perspective of Situated and Self-Organizing Cognition in Cognitive Psychology. *CCAI - Journal for the Integrated Study of Artificial Intelligence, Cognitive Science, and Applied Epistemology*, (Themenheft, herausgegeben von P Van Looche).
- Vallacher RR & Nowak A (1994). The Chaos in Social Psychology. In: Vallacher RR & Nowak A (Eds.), *Dynamical Systems in Social Psychology*, (S. 1-16). San Diego: Academic Press.
- Vallacher RR & Nowak A (Eds.)(1994). *Dynamical Systems in Social Psychology*. San Diego: Academic Press.
- Volpert W (1985). Epilogue. In: Frese M & Sabini J (Eds.), *Goal Directed Behavior: The Concept of Action in Psychology*, (S. 357-366). Hillsdale: Erlbaum.
- Waldrop MM (1993). *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*. New York: Simon and Schuster.
- Wales DJ (1991). Calculating the Rate of Loss of Information from Chaotic Time Series by Forecasting. *Nature*, 350, 485-488.
- Warner RM (1992). Cyclicity of Vocal Activity During Conversation: Support for a Nonlinear Systems Model of Dyadic Social Interaction. *Behavioral Science*, 37, 128-138.
- Wehr TA & Goodwin FK (1979). Rapid Cycling in Manic-Depressives Induced by Tricyclic Antidepressants. *Arch Gen Psychiatry*, 36, 555-559.
- Weizsäcker EU v (Ed.)(1974). *Offene Systeme I*. Stuttgart: Klett.
- Wellek A (1950). Ganzheit und Gestalt in der Psychologie. In: Heinrich W (Ed.), *Die Ganzheit in Philosophie und Wissenschaft*. Wien.
- Wertheimer M (1912). Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegungen. *Z Psychol*, 61, 165-292.
- Wertheimer M (1922). Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. *Psychologische Forschung*, 3, 47-58.
- Wertheimer M (1945). *Productive Thinking*. New York: Harper & Brothers.
- Whitehead AN & Russell B (1913). *Principia Mathematica*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wiener N (1963). *Kybernetik*. Düsseldorf: Econ.
- Wilkinson L (1989). *SYSTAT: The System for Statistics*. Evanston: SYSTAT Inc.
- Winfree AT (1980). *The Geometry of Biological Time*. New York: Springer.
- Winfree AT (1988). *Biologische Uhren. (Zeitstrukturen des Lebendigen)*. Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft.
- Winnicott DW (1965). *The Maturational Processes and the Facilitating Environment*. London: Hogarth Press.
- Winograd T & Flores F (1986). *Understanding Computers and Cognition. A New Foundation for Design*. Norwood: Ablex.
- Wittgenstein L (1975). *Tractatus logico-philosophicus*. Frankfurt: Suhrkamp. (Erstveröff. 1921).
- Wolf A, Swift JB, Swinney HL & Vastano J (1985). Determining Lyapounov Expo-

- nents from a Time Series. *Physica D*, 16, 285-317.
- Wurmser L (1990). *Die Maske der Scham: Die Psychoanalyse von Schamaffekten und Schamkonflikten*. Berlin: Springer.
- Wynne LC & Singer MT (1965). Denkstörung und Familienbeziehung bei Schizophrenen. *Psyche*, 19, 81-160.
- Zeeman EC (1976). Catastrophe Theory. *Scientific American*, 234, 65-83.
- Zeigarnik B (1927). Über das Behalten von erledigten und unerledigten Handlungen. *Psychologische Forschung*, 9, 1-85.
- Zimmer D (Ed.)(1983). *Die therapeutische Beziehung*. Weinheim: Edition Psychologie.
- Znoj H-J (1992). GOLEM — Two Adaptive Systems Communicate. In: Tschacher W, Schiepek G & Brunner EJ (Eds.), *Self-Organization and Clinical Psychology*, (S. 296-313). Berlin: Springer.

Personenverzeichnis

- Abarbanel HDI 2, 6, 34, 36-37, 39, 52, 72, 75, 250, 261, 268
Abraham FD 14, 261, 263
Abraham RE 2, 8, 36, 39, 46, 49, 96, 134, 261
Ach N 102, 261
Ackermann K 261, 275
Aebi E 147-148, 261, 276
Aguilera DC 117, 261
Akaike H 30, 120, 139, 144, 261
Allilaire J-F 272
Ambühl B 263
Ambühl H 265
an der Heiden U 132-133, 135 210 261-262, 270, 273
Anderson JR 246, 261
Anderson T 53, 95, 261
Andreasen NC 146, 159, 261, 266, 270
Ardila R 90, 263
Arnheim R 65, 261
Arpaia JP 155, 158, 265
Ashby WR 14, 261
Atmanspacher H 2, 23, 80-81, 179, 248, 261, 263, 267, 272-273, 275

Babloyantz A 133, 261
Bak P 97, 262
Bales RF 199, 262
Bandler R 221, 262
Bandura A 102, 262
Banerjee S 85-86, 183, 202, 262
Banse R 221, 267
Barker RG 58, 91, 262
Barlow DH 170, 267
Barnett JT 265
Barnum KR 263
Bateson G 14, 239, 244, 262
Bauer MS 265
Beckmann J 111, 269
Bélaïr J 18, 131, 262
Bell WR 264
Benton L 271

Benussi V 57, 60
Bergé P 10, 45, 150, 250, 262
Bergin AE 248, 262, 267, 271
Bernauer F 266
Bertalanffy L 14, 262
Birbaumer N 88, 215, 262, 270
Bischof N 4, 7, 59, 70, 132, 262

Bloomfield P 51, 250, 262
Bohr N 236, 262
Boltzmann L 24
Bortz G 51, 201, 262
Boscolo L 246, 262
Bower GH 58, 68, 94, 135, 267
Box GEP 28, 113, 262
Braitenberg V 53, 262
Braun U 129, 180, 182, 187-188, 224, 265
Brenner HD 135, 169, 262, 276
Briggs J 13, 262
Brodkey H 87, 262
Brooks DR 25, 69, 86, 262
Brown R 261, 268
Brunner EJ 14, 20, 23, 53, 58, 68, 108, 113, 131, 135, 170, 172, 178, 180, 196, 198, 202, 209, 220, 228, 241, 261-264, 269, 272-277
Brunswik E 66
Bunge M 23, 90, 131, 263
Burlingame GM 17, 263
Bütz MR 17, 263

Çambel AB 263
Caplan G 117, 263
Carnap R 66
Casdagli M 40, 50, 263, 275
Caspar F 53, 263, 265
Cattell RB 6, 34, 182, 263
Cecchin G 262
Chatfield C 30, 51, 250, 263
Chen K 97, 262
Ciompi L 14, 18, 146-147, 149, 159, 239, 261, 263
Cohen SP 199, 262

Combs A 14, 53, 270, 273-274
 Conrad K 18, 149, 239, 263
 Cranach M v 59, 263
 Cronin J 133, 263
 Crow TJ 169, 263
 Crutchfield JP 78-79, 103, 263
 Csikszentmihalyi M 249, 263

 Dalenoort GJ 2, 23, 80, 179, 248, 261,
 263, 267, 272-273, 275
 Danziger L 133, 263
 Darwin C 106
 DeGuzman GC 268
 Delespaul P 118, 263
 Destexhe A 133, 261
 Dickey DA 114, 173, 203, 264
 Donati R 266
 Dörner D 4, 19, 264
 Drazin K 40, 264
 Driesch H 60, 264
 Dünki R 263
 Dvorak I 269

 Eccles JC 1, 76, 272
 Eckmann J-P 35, 37, 39, 45, 113, 115,
 142, 207, 250, 264
 Edelman GM 22, 88, 95-96, 264
 Ehrenfels Ch v 57, 264
 Eiser JR 210, 236, 264
 Elbert T 270
 Ellebracht H 269
 Elmergreen GL 133, 263
 Emrich H 18, 133, 155, 239, 264
 Engelmann TG 216, 268
 Enke H 220, 264
 Epstein W 60, 68, 264
 Ertel S 68, 264, 267
 Eubank S 275

 Fagen RE 23, 266
 Farmer JD 37, 264, 275
 Fassheber P 198, 264
 Festinger L 65, 264
 Fiszbein A 268
 Fitzgerald HE 53, 269
 Flores F 1, 53, 277

 Fodor JA 96, 264
 Foerster H v 14, 79, 264
 Freeman WJ 111, 270-271, 274
 Freud S 180, 242, 246-247, 264
 Frey D 248, 264
 Fricke B 274
 Friedrich R 133, 182, 264-265, 268,
 276
 Fuhrer U 111, 265, 269
 Fuhriman A 263
 Fuller WA 139, 265

 Galanter E 271
 Galdrakian B 275
 Garfield SL 248, 262, 267, 271
 Gaska A 248, 264
 Gaston L 267
 Gehm T 19-20, 110-111, 197, 265
 Geist K 271
 Gheorghiu V 269
 Gibbs W 24
 Gibson JJ 71, 110, 265
 Gilgen AR 14, 261, 263
 Gjessing R 133, 265
 Glansdorff P 265
 Glasersfeld E v 14, 265
 Glass L 18, 23, 131-132, 214, 250,
 262, 265, 268, 270
 Gleick J 13, 265
 Globus GG 155, 158, 265
 Goldberger AL 21, 133, 210, 214, 265
 Gollwitzer PM 266, 269
 Goodwin FK 133, 277
 Gottman JM 28, 265
 Gottschalk A 18, 133, 265
 Grassberger P 37, 50-51, 265
 Graumann CF 58, 265, 269
 Grawe K 14-15, 85, 92, 113, 127, 170,
 179-182, 187-188, 224, 228, 247,
 265-266, 271, 276
 Grebogi C 272
 Greenberg LS 187, 266
 Gregson RAM 28, 250, 266
 Grinder J 221, 262
 Guastello SJ 63, 266
 Guckenheimer J 23, 242, 250, 266

Gugler B 263

Haas H 143, 276

Hafez H 275

Häfner H 146, 158-159, 169, 266, 270

Haken H 2, 10, 13-14, 21, 45-48, 50, 53, 63, 67, 70-71, 73-74, 96-99, 103, 158, 182, 197, 210, 215, 266, 268-270, 272, 275

Haley J 262

Hall AD 23, 266

Handke P 87, 266

Hansen H 261

Harding CM 275

Hashimoto Y 276

Hebb DO 22, 88, 266

Heckhausen H 58, 101-102, 110-111, 266, 269

Hegel GWF 24, 81, 97, 266

Heider F 65, 266

Helbing D 210, 266

Helson H 8, 65, 70, 76, 267

Henggeler B 269

Henry WP 246, 267

Herrmann T 4, 56-57, 59, 65-66, 267

Hersen M 170, 267, 270

Hesch R-D 133, 267, 272

Hess U 221, 267

Hilgard ER 58, 68, 94, 135, 267

Hirsch MW 23, 250, 267

Hodel B 262

Hoffman L 262

Hoffman RE 18, 156, 267

Höger R 53, 267

Hogg T 84, 86, 267

Hohenschutz C 133, 155, 264

Holmes P 23, 242, 250, 266

Holroyd T 268

Horowitz MJ 170, 267

Howard KI 170, 271

Huberman BA 84, 86, 267

Hull CL 94, 267

Indermühle K 263

Isabelle S 29, 43, 137, 207, 211, 231, 268

Jackson DD 262

Jacobson GF 117, 267

James W 235-236, 267

Jantsch E 13, 267

Jaynes J 239, 267

Jenkins G 28, 113, 262

Joyce J 87, 267

Kaimer P 274

Kalbermatten U 263

Kaminski G 92, 111, 267

Kampis G 78, 80-81, 104, 106, 236, 267

Kanfer FH 102, 247, 268

Kanizsa G 62, 268

Kaplan D 23, 214, 250, 268

Kaplan S 275

Kauffman SA 97, 106, 268

Kay SR 169, 268

Keidel M 271

Kelso JAS 71, 97, 215, 265, 268

Kemmler L 264, 267

Kennel MB 29, 35, 41, 43, 137, 207, 211, 231, 268

Kessler T 269

Kienzle N 262

Kimura B 236, 268

Kleitman N 216, 218, 268

Koçak H 49, 268

Koepchen HP 210, 266, 268

Koffka K 55, 58, 63, 65, 68, 70, 268

Köhler W 55, 58-60, 63, 65-66, 68, 70-71, 76, 254, 268

Kohut K 235, 268

Kolmogorov AN 84, 268

Kordowski C 264

Kosko B 231, 268

Koukkou M 22, 133, 156, 269, 274

Krampen G 15, 269

Kratky K 10, 75, 269

Kreuzig HW 264

Kriz J 14, 19, 53, 65, 70, 242, 269

Kruse L 58, 269

Kruse P 19, 58, 64, 70, 269, 274

Kuhl J 58, 69, 101-103, 110-111, 266,

269
 Kuhn TS 80, 269

 Lakatos I 80, 114, 269
 Landsberg PT 25, 86, 269
 Langs RJ 272
 Langthaler W 210, 265, 269
 Lantermann ED 20, 269
 Latané B 271
 Layne SP 34, 271
 Lehmann D 269
 Lenz G 113, 170, 172, 178, 263, 269
 Levenson RW 221, 269
 Levine RL 53, 269
 Lewin K 8, 39, 55, 58-59, 62, 66-68,
 89-90, 93, 98-99, 101, 103, 253,
 255-256, 259, 269-270
 Lewinsohn PM 122, 270
 Lieberman P 275
 Longtin A 275
 Lonie I 17, 270
 Lorenz EN 36, 75, 270
 Lorenz K 75, 106, 242, 270
 Luccio R 62, 268
 Ludewig K 15, 170, 242, 270
 Luhmann N 14, 91, 270
 Lukoff D 169, 270
 Lutzenberger W 22, 133, 270

 Mach E 56-57, 63, 65-66, 76, 242,
 270
 Mackey MC 18, 131-132, 265, 270,
 273
 Mahoney HJ 102, 275
 Mahoney MJ 15, 135, 238, 247, 270
 Mainzer K 2, 270
 Mandelbrot BB 17, 236, 270
 Mann DW 80, 236, 270
 Marks-Tarlow T 17, 270
 Marr D 71, 270
 Martinerie J 272
 Maruyama M 14, 270
 Massioui FE 272
 Maturana HR 14, 16, 104, 246, 270
 Maurer K 146, 158-159, 169, 266,
 270

 May R 40, 43, 50, 136-137, 140, 145,
 153, 173, 207, 211, 221, 231, 235,
 275
 Mayer-Kress G 34, 133, 158, 210,
 261, 270-271
 Maze J 262
 McClelland JL 53, 71, 271, 273
 McDougall W 6, 271
 McFall RM 265
 McGlashan TH 18, 156, 267
 McWorther PJ 271
 Mead GH 235, 271
 Mees AI 272
 Meichenbaum D 122, 271
 Meier-Koll A 21, 215-216, 219, 271
 Meinong A 57, 60
 Menninger KA 235, 271
 Metzger W 8, 56-57, 59, 61, 65-66,
 68, 70-71, 271
 Michotte A 76
 Miller GA 4, 14, 73, 100, 111, 132,
 271
 Miller PM 270
 Miller RB 264
 Miller SL 97, 271
 Miller WM 97, 271
 Milton J 262, 273
 Minsky M 88, 271
 Molter H 269
 Morrison F 40, 271
 Müller C 146, 263

 Nagel T 80, 271
 Neisser U 71, 76, 94, 271
 Nicolis G 13, 70, 271
 Nicolis JS 111, 271
 Niemeyer HG 264
 Nowak A 22, 196-197, 210, 271, 276
 Nuechterlein KH 270

 Olsen S 146, 159, 261
 Opler LA 268
 Orlinsky DE 15, 170, 194, 271
 Osborne AR 42, 214, 271
 Osgood CE 32, 118, 271
 Osterhold G 269

Ott E 142, 158, 245, 264, 272
 Ottander C 63, 264

 Parks KB 271
 Parmelee AH 215-216, 218, 272
 Paslack R 14, 55, 272
 Pavlekovic B 269
 Peat FD 13, 262
 Peitgen H-O 25, 272
 Penn P 262
 Petermann F 28, 60, 272-273
 Pezard L 133, 272
 Pfeifer R 53, 95, 272
 Piaget J 14, 272
 Poincaré H 25, 272
 Pomeau Y 262
 Pöppel E 82, 272
 Popper KR 1, 76, 80, 272
 Pöpl SJ 271
 Prank K 133, 272
 Pribram KH 60, 271
 Priestley MB 6, 250, 272
 Prigogine I 2, 10, 13-14, 24, 69-70,
 265, 271-272
 Primas H 81, 272
 Procaccia I 37, 50-51, 265
 Provenzale A 42, 214, 271
 Pyragas K 158, 245, 272

 Quast C 170, 209, 272

 Racker H 247, 272
 Rapp PE 84, 156, 172, 192, 231, 272
 Reiter L 14, 17, 117, 179, 262, 272-
 273, 276
 Reiter-Theil S 262, 273, 276
 Reither F 264
 Renault B 272
 Rensing L 210, 273
 Restorff H v 65, 273
 Revenstorf D 172, 261, 273, 275
 Richter PH 25, 272
 Rigney DR 133, 265
 Robertson R 14, 53, 270, 273
 Rockstroh B 270
 Roder V 262

 Rosen R 23, 115, 250, 273
 Rosen S 249, 273
 Rössler OE 2, 9, 23-24, 36, 39, 46,
 80-81, 88, 105, 134, 179, 181, 236,
 238, 240, 267, 273,
 Roth G 14, 273
 Rothenfluh T 263
 Roux J-C 34, 273
 Rubin E 63, 273
 Ruef AM 221, 269
 Ruelle D 24, 35-37, 39, 45, 113, 115,
 142, 207, 250, 264, 273
 Ruff A 170, 209, 272
 Ruhnau E 82, 272-273
 Rumelhart DE 53, 71, 271, 273
 Runde B 269
 Russell B 236, 277

 Saam N 55, 273
 Sacks O 82, 273
 Sass LA 239, 273
 Sauer T 272
 Sauvart J-D 117-118, 274
 Schacht TE 267
 Scharfetter C 157, 273
 Schaub H 53, 273
 Schefflen AE 149, 274
 Scheier C 17, 36-37, 40-41, 51, 53-54,
 95-97, 113, 115, 135-136, 140, 170,
 197, 207, 209, 216, 228, 231, 272,
 274, 276
 Schiepek G 14, 17, 25, 53, 91, 179,
 210, 261, 264-265, 269, 272-277
 Schill K 272
 Schmid GB 22, 147, 156, 274
 Schmidt RF 88, 215, 262
 Schmidt SJ 14, 274
 Schmitz B 6, 28, 51, 113, 135, 140,
 274
 Schneider H 135, 274
 Schnyder U 117-118, 274
 Schwartz G 139, 144, 274
 Segal Z 263
 Sevy S 169, 268
 Shaw CD 2, 8, 36, 39, 46, 49, 96, 134,
 261

Shaw R 37, 274
 Sibbald PR 262
 Sidorowich JJ 261
 Simon FB 14, 53, 271, 274, 276
 Simoyi RH 273
 Singer MT 277
 Singer W 22, 239, 274
 Skarda CA 111, 274
 Skinner BF 69, 94, 274
 Smale S 23, 250, 267
 Smith LB 95-96, 275
 Snow CP 1, 76, 274
 Spann O 65, 274
 Stadler M 14, 19, 64, 70, 264, 266-269, 272, 274-275
 Stäudel T 264
 Steitz A 36-37, 51, 115, 135, 156, 275
 Stengers I 14, 272
 Stern D 241, 275
 Stewart HB 9, 23, 35-36, 39, 250, 275
 Strauss JS 146, 157, 275
 Strotzka H 117, 273
 Strunk G 14, 274
 Strupp HH 267
 Suci GJ 271
 Sugihara G 40, 43, 50, 136-137, 140, 145, 152-153, 173, 207, 211, 221, 231, 235, 275
 Svozil K 79, 275
 Swift JB 277
 Swinney HL 273, 277
 Szamrej J 271

 Takens F 33, 42, 140, 149, 257, 275
 Tannenbaum PH 271
 Theiler J 37, 41-43, 50, 136-137, 207, 275
 Thelen E 95-96, 275
 Thompson JMT 9, 23, 36, 49, 250, 275
 Thomson L 272
 Thoresen CE 102, 275
 Tirsch W 271
 Thom R 49
 Thorndike EL 69
 Tolman EC 58, 66, 275

 Tong H 6, 161, 231, 275
 Troitzsch KG 53, 55, 273, 275
 Tschacher W 13-14, 17, 20, 25, 34, 36-37, 39-41, 43, 51, 53-54, 57, 79-80, 85, 88, 90-92, 96-97, 100, 108, 112-113, 115, 117, 131, 135-136, 140, 143, 147, 155, 170, 172, 179, 181, 196-197, 202, 207, 209-210, 216, 220-221, 225, 227-229, 231, 236, 241, 245-246, 261, 263-265, 269, 272-277
 Tsimring LS 261

 Ueda Y 39, 275
 Uhl C 133, 182, 264

 Vallacher RR 22, 196, 210, 276
 Varela FJ 14, 16, 104, 246, 270, 272
 Vastano J 277
 Ventura J 169, 270
 Vidal C 262
 Vogel B 172, 273
 Volpert W 19, 276

 Wackermann J 269
 Waldrop MM 13, 106, 109, 276
 Wales DJ 137, 276
 Warner RM 53, 221, 277
 Weakland J 262
 Wehr TA 133, 277
 Weinert FE 266, 269
 Weizsäcker EU v 63, 277
 Wellek A 65, 277
 Wertheimer M 55, 57, 63-64, 68, 70, 277
 West BJ 265
 Whitehead AN 236, 277
 Whybrow PC 265
 Wiener N 14, 66, 277
 Wiesenhütter J 15, 269

Wiley EO 25, 69, 86, 262
Wilkinson L 152, 277
Winfree AT 21, 132, 214, 277
Winnicott DW 238, 277
Winograd T 1, 53, 277
Wittgenstein L 2, 77, 81, 257, 277
Wolf A 38, 46, 50, 142, 155, 207, 277
Wunderlin A 13, 45-47, 67, 70, 73,
75, 99, 265-266, 268, 276
Wurmser L 241, 277
Wynne LC 239, 277

Yates FE 271
Yorke YA 264, 272

Zeeman EC 17, 49, 63, 277
Zeigarnik B 65, 277
Zimmer D 247, 277
Znoj H-J 53, 277

Sachverzeichnis

- Additivität 3-4
- affektive Störungen 117-118, 163
- Affektlogik 147, 263
- Affordanz 103, 110
- Aggressionszeitreihe 116, 143, 145
- Aggressivität 143, 146, 227
- AIC-Informationskriterium 29
- Akkommodation 7, 73
- Aktienkurse 107
- Alkohol 170-171
- Angst 159, 163, 165, 189, 191, 195, 228
- ANOVA (Varianzanalyse) 121
- Anpassungsstörung 118, 121, 124, 128, 163
- Antithese 24
- Antwortstereotypie 194
- Anundfürsich 81
- AR-Modell 28, 250
- ARMA-Modell 28-31, 40, 42-43, 113, 137, 139, 142, 144, 146, 153-154, 159, 203, 207, 213, 227, 250-251, 258
- Arousal 221
- Artificial Intelligence (AI) 21, 69, 96, 272, 276
 - , klassische 21, 69, 95-96, 232
- artificial life 22, 53
- Assimilation 7, 73-74
- asymptotische Stabilität 9, 33, 69, 250, 254, 258
- Attraktor 9-11, 18, 33-34, 39, 46, 50, 71-72, 103, 109, 113, 142, 158, 198, 240, 243, 250, 252, 258
- Attraktorenlandschaft 242-245, 248-249
- Autokorrelation 27-28, 30, 33-34, 43, 144, 251
- Autokorrelationsfunktion (ACF) 27-29, 34, 114, 144, 211-212, 214, 250
- Autonome Agenten 21, 53
- Balance-Theorie 65
- Bartlett-Szenario 19, 64
- Basisstörung 169
- Bassin 33, 243, 250
- Behandlungsphasen 17
- behavior setting 91-92, 267
- Behaviorismus 2, 66, 68, 83, 94, 96, 135
- Behinderung 19, 276
- Bénard-System 10-11, 74-75, 98-99, 180, 259
- Beobachter 23, 77-80, 82, 103, 106, 109-110, 234
 - , deistischer 78, 108
 - , externer (Exo-Beobachter) 78, 108, 253, 258
 - , partizipierender (interner) 79, 104, 106-107, 179, 234, 237
- Beobachterabhängigkeit 16, 23, 77-80, 103-104, 106, 108-109, 147, 198, 206, 234, 237, 253, 257-258
- Berner Psychotherapiestudie 113, 115-116, 180, 187, 192, 201-202
- Bewusstsein 88-89, 94-95, 233, 235-236, 250-251
- Bifurkation 105, 132, 240, 243, 251
 - , Hopf- 49-50
- Bifurkationskaskade 110, 215
- Billard-Universum 24, 81
- bistabil 63
- blinder Fleck 61-62
- Bootstrap-Methode 41-42, 50, 136-137, 141, 145, 149, 151, 170, 173, 207, 211-213, 216, 218, 223, 227, 231, 251
- c₁-System 137, 141-142, 159, 210, 235
- c₂-System 135-136
- cartesianische Spaltung 80-81, 83
- cell assembly 22, 88, 156, 251
- Chaos 11, 19, 25, 34, 36, 38-40, 42, 50, 62, 64, 69, 75, 97, 134, 137, 142, 150, 153, 158, 178, 208, 211, 219,

- 232, 245, 251-252, 259, 261-276
 —, deterministisches 25, 40, 46, 69, 75, 111, 142, 150, 153, 155, 178, 211, 218, 245
 —, makroskopisches 251
 —, mikroskopisches 252
 Chaoskontrolle 19, 158, 245
 Chaostheorie 14, 25, 75, 107, 155, 210, 231, 263
 chaotisch 9, 17, 105, 111, 146-147, 153, 155, 159, 210, 218
 Chaotizität 17, 21, 94, 105, 142
 Chronobiologie 21, 214-215, 271
 Clusteranalyse 120, 127-128, 130, 151-152, 154, 226
 cognitive science 53-54, 276
 Compliance 131
 computational complexity 84
 Computerarchitekturen 21
 Computersimulationen 53
 Crosskorrelationsfunktion (CCF) 222-224
 CT-Skala (Ciompi-Tschacher-Skala) 159-162, 167-168
- Dämon 24, 60, 95-98, 103, 254
 Darwinismus/darwinistisch 22, 88, 99, 110, 233, 252
 Deduktion 52, 80
 deduktive Modellierung 25-26, 44, 52, 76-77, 80, 256
 Denkpsychologie 63
 Depression 18, 117, 121, 126-127, 130, 270
 —, bipolare 18, 133, 155
 Derealisation 149, 159, 165, 226, 239
 Destabilisierung 108
 Determinante 45, 86, 192
 Determiniertheit 158, 173, 208, 219
 Differentialgleichung (DGL) 4, 44-45, 48, 52, 72-73, 133, 252, 259
 Differentialgleichungssystem 5, 73
 Differentialquotient 5, 44, 73
 Differenzieren (von Zeitreihen) 120, 139, 141, 173, 177, 226
 Dimensionalitätsanalyse 22, 34, 36-37, 40, 51, 85, 114, 147, 180-182, 184-187, 201-202, 209, 218, 239, 252
 direkte Änderungsmasse 188-189
 Dissipativität 41, 97-99, 103, 233
 Dissonanztheorie 65, 221, 248, 264
 Divergenz 46-47, 50, 142, 207, 252, 256
 Diversifikation 104-105, 107-108, 110, 179-180, 187, 190-191, 234-237, 239-240, 247-249, 252
 driving 75
 Dualismus 80
 dynamical noise 26, 74, 230, 244, 260
 Dynamik, klassische 23-24, 79
 dynamische Krankheit/dynamical disease 18, 131-133, 135, 138, 146, 155-156, 159, 245, 253, 262, 272
 Dysfunktion 132, 178, 226
- EEG 21-22, 87, 132, 156, 210, 258, 269-270, 274
 Effektmass 42, 142, 146, 153, 173-174, 176, 179, 213, 231, 251
 Effektstärke 42, 188-191, 195, 228, 248
 Eigenwert 45-49, 74, 85, 158, 182, 184, 200
 Einbettung 31, 33-37, 39-40, 43, 141, 145, 213
 Einbettungsdimension 34-37, 41, 140-141, 145, 152, 208, 216, 218, 253
 Einheitswissenschaft 1, 66
 Einstein measurement 78, 103, 253
 Einzelfallanalyse 17, 127, 129, 231, 251, 272-273
 Elektrokardiogramm (EKG) 21, 112, 116, 210-211, 214, 221, 229, 258
 emergenter Materialismus 90
 Emergenz 4, 19, 69, 77, 91, 104-105, 179, 186, 209, 221, 254
 Emotionalität 9, 189
 Emotionalitätsinventar (EMI) 188-189
 Endo-Eigenschaften 104
 Endo-Perspektive 23, 74, 79-80, 239,

248
 Endo/Exo-Unterscheidung 78, 81
 Endophysik 81, 83, 273
 endophysikalisch 80-82
 Endopsychologie 83, 87, 104, 235
 Endosystem 81, 102-104, 106, 108-109, 111, 234-235, 237, 239, 243-244, 246-247, 252-253
 Energie 10, 24, 63, 72, 75, 103, 180, 242, 252-253, 258
 entrainment 220, 258
 Entropie 24, 35, 37-38, 40-41, 83, 85-86, 184-185, 187, 190-192, 194-195, 202-203, 228, 248, 256
 —, potentielle 86, 184-185, 195, 202, 228, 248
 —, reale 184
 Entropie-Effekt 187, 190
 Entwicklungsphasen 11, 209
 Entwicklungsstufe 215, 218-220, 229
 Epilepsie 133
 ergodische Masse 35, 37, 113-115
 Erregung 165-166, 168, 224
 Evolution 6, 21, 31, 40, 43, 46, 54, 69, 81, 97, 106, 110, 115, 123, 129, 142, 179, 182, 186, 209, 214, 227, 230, 235, 252-253, 262, 265-268, 276
 evolutionäre Erkenntnistheorie 54, 75, 106
 Evolvieren 7, 179, 196-197, 215, 230
 Exoperspektive 81-82
 Exosystem 82, 111, 243, 245, 247, 253
 Expertensysteme 54, 95

 Faktorenanalyse 51, 85, 183, 209
 Familientherapie 14-16, 92, 131, 242, 245-246, 262-263, 262-263, 273-274, 276
 Feedbacksystem 124, 132, 174, 176, 272
 Feigenbaumzahl 11
 Feld 63, 66, 70-75, 89, 91 98, 103, 110, 259, 273
 Feldbegriff 71-72
 Feldtheorie 58, 60 270
 Figur und Grund 8, 63, 66
 Fitness 106
 Fluktuation 75, 94, 133-135, 141, 158, 243-244, 260
 Flux 10, 72, 74-75, 99, 103, 253-254, 256
 folk-Psychologie 83
 Forecasting 35, 40, 42-43, 149, 152, 198, 262, 271, 275-276
 Fourier-Analyse 29, 114, 139, 144-146, 262
 Fourier-Transformation 29-30, 51
 Fouriersches Gesetz 4
 Fourierspektrum 232, 251
 Fraktal 147, 254
 fraktale Dimension/Dimensionalität 36-37, 50, 115, 133, 147, 252
 Fraktalität 214
 Freiheitsgrade 10, 34, 48, 83, 93, 113, 164, 176, 178, 180, 182, 184, 188, 201, 220, 257

 Ganzheit 8, 254, 277
 ganzheitlich 4-5, 55, 57, 66, 71
 gekoppelte Oszillatoren 219
 generic model of psychotherapy 170
 Genom 95-96, 103
 Gesprächstherapie 185
 Gestalt 2, 7, 12, 25, 34, 62-66, 68-69, 71, 75, 95, 99-100, 103, 105, 181, 222, 225, 240, 242, 247, 254, 263-264, 267-268, 276-277
 —, gute 64
 Gestalteigenschaften 8, 57, 61
 Gestaltgüte 65, 257
 Gestalthöhe 65
 Gestaltpsychologie 7-8, 22, 55, 58-60, 65, 68, 70, 92, 94, 232, 254, 257
 Gestaltqualität 8, 57, 60, 69, 71, 264
 Gestalttheorie 58, 60, 66-71, 76, 94, 98, 102-103, 264, 267, 271
 Gestimmtheit 91, 134, 206-207, 229
 Giessen-Test 188-189
 Gleichgewicht 4, 9-10, 17, 33, 56, 71-72, 75, 99, 134, 198, 204, 256

Gleichungssystem, (nicht)lineares 5
 Goal Attainment Scaling (GAS) 188-189
 Grenzzyklen 18, 21, 33, 46, 50, 96, 137, 211, 215, 252
 Gruppe 7, 20-21, 58-59, 91, 196-202, 204, 209, 228, 245, 255, 263, 269, 276
 Gruppenbildung 20-21, 196, 228
 Gruppendynamik 58, 196-197
 Gruppenentwicklung 197-198, 200-202, 263
 Gruppentherapie 117

 Halluzination 149, 165, 226
 Hamiltonfunktion 24
 Handlungsregulation 102-103, 110-111, 254, 259
 Handlungsstrom 20, 88-89, 93, 101-102
 Handlungstheorie 19-20, 83, 101-103
 Hauptkomponentenanalyse 85, 124, 160, 164, 168, 184, 200, 252
 Heisenberg measurement 79, 103, 257
 Hénon-Abbildung 41
 Herbstakademie 14, 275
 Hermeneutik 1-2, 157
 Herzaktivität 21, 133, 210-212, 214, 216, 221, 224, 229
 Hirnfeld 59, 66
 Hirnforschung 22, 132
 Höherentwicklung 97
 Homöostase 4, 7, 146, 254
 Homunkulus 7, 20, 60, 69, 75, 95, 102, 232-234, 254
 hybride Methodik 129
 Hysterese 19, 62-63, 251

 Induktion 52, 81
 infiniter Regress 79, 103, 233-234, 236-237, 246
 Information 6, 10, 27, 30, 34, 40, 45-46, 63, 71, 76, 83-84, 95, 99, 103, 105, 107, 109, 117, 119, 182, 189, 197, 208, 214, 226, 234, 245, 253, 256, 258, 261, 266-268, 270-271, 274, 276
 information pickup 71
 Informationsdimension 35
 Informationsfluss 78-79
 Informationsquelle 37, 52
 Instabilitätspunkt 48, 131
 Intention 99, 101-103, 110
 Intentionalität 75, 89, 254
 interaktionelle Bifurkation 105
 Interaktionismus 96
 Interbeatintervalle 210-211, 213-214
 Interventionsfaktor 123-124, 129
 Introspektion 83, 118, 235, 237
 Intuition 52
 Invarianten (einer Dynamik) 35-37, 39, 42, 45, 50, 115, 142, 231
 —, topologische 35, 39, 45
 IPC (Kontrollüberzeugungsinventar) 188-189
 irreversibel 79
 Isomorphie 59, 66
 Isomorphismus 58, 65, 70, 76, 254

 Jacobi-Matrix 45

 Katastrophe 17, 49, 63, 251
 Kausalattributionen 76
 Kausalität 3-4, 52, 75, 94, 98, 255
 Kippfigur 19, 76, 94, 99, 101
 Klassifikation 133-134, 147, 154, 210
 Koevolution 106, 110, 253
 Kognitions-Emotions-System (KES) 71-75, 89-91, 93-94, 96-105, 110-113, 120, 125, 131, 232, 236, 240, 245, 255
 Kognitionspsychologie 83, 87, 93-94, 96-97, 105-106, 237, 250, 255
 Kognitionswissenschaft 21, 71, 88
 kognitive "Produktion" 57, 60, 71
 kognitive Wende 68, 247
 Komplementarität 80, 203
 komplex 2, 4, 11, 13, 16, 48, 52, 56, 70-71, 75, 86-87, 90, 93, 97, 99-100, 104, 108, 112, 132, 135, 155, 158, 161, 170, 180, 197, 220, 230, 232-233, 255-258, 271

- komplexes psychologisches System (KPS) 88-89, 93, 99, 103, 109, 114-115, 131, 170, 186, 220, 232-233, 253, 255, 257, 259
- Komplexität 6, 11, 34, 38, 41, 47, 65, 77, 83-86, 91, 93-94, 97, 103, 105-106, 108, 114, 136-137, 172-174, 176-180, 186, 192-195, 225, 228-234, 236-237, 247-248, 255, 264, 272, 276
- , algorithmische 84, 136-137, 172, 192, 231, 255
- , horizontale 108, 234, 255
- , vertikale 108, 234, 255
- Komplexitätsreduktion 88, 115, 179, 192, 234, 255, 257-258
- Konnektionismus 21-22, 53
- Konstruktivismus 14, 104, 110, 234, 246, 264-265, 274
- Kontrollparameter 44-45, 47-49, 72-75, 88, 90-91, 100, 103, 105-106, 108-109, 111, 134, 155, 158, 215, 243, 253, 255, 258
- Konvektionsrollen 10-11, 13, 98
- Konzeptualisierung 8, 17, 55, 77, 81, 88-89, 91-92, 102, 197, 209, 225, 232
- Kopplung 52, 91, 93, 113, 126, 203, 207-208, 220-221, 224, 258-259
- , soziale 91, 93, 113, 203, 207-208, 220-221, 259
- , soziophysiologische 221, 224, 258
- , strukturelle 16
- Kopplungshypothese 220-221, 224, 229
- Korrelationsintegral 37
- Krankheit 18, 131-132, 155-156, 253
- Kreativität 105, 254
- Krisen 17-18, 112, 117-118, 121-124, 126-127, 129-131, 163, 183, 225-226
- Krisenfaktor 123, 129
- Krisenintervention 27, 117, 119-123, 126, 225, 274
- Krisenverläufe 112, 117, 122-123, 125, 129
- kritisches Langsamerwerden 158, 186
- Kybernetik 3, 14, 16, 25, 96, 132, 261, 277
- zweiter Ordnung 14, 16
- Laborkontext 94
- Laborumgebung 227
- Lageorientierung 111
- Langzeitpatienten 147
- Laplacescher Dämon 24
- Laser 72, 87, 103, 180
- Lebensraum 58-59, 66, 72-74, 89-90, 98-99, 103, 255-256
- , Hülle des 89-90, 99, 103, 197, 255-256, 259
- Lerntheorie 82, 94, 243-244
- Liebe 241
- linear-stochastisch 29, 42, 151, 177, 208, 214, 227
- Linearitätshypothese 145, 231-232
- logistische Gleichung/map 41, 53
- Lorendynamik (-system) 53, 75, 113
- Lösungskonstellation 178
- Lyapunov-Exponenten 35, 38-40, 42, 45-47, 50, 52, 113, 142, 146, 153-155, 207-208, 256
- MA-Modell 28-29, 51, 135, 142, 173, 250
- malattunement 156
- mapping 250
- Marktsysteme 106
- Maschinentheorie 60
- Materie 1, 10, 72, 81, 103, 180, 253, 266
- mathematische Biologie 133
- Mechanik 24-25, 32, 78, 252
- Medizin 18, 272
- Mengenlehre 66
- Merkmalsfaktoren 164, 166-168, 186, 200-202
- Messunschärfe 80
- Metapher 108, 178, 239, 241, 243, 245
- Metaphysik 25
- Mikro-Ebene 91, 93

Milieuthherapie 147
 Mimik 61, 220, 224, 258
 Möbiusband 39
 Modellierung 3, 5, 17, 19-20, 23, 25-26, 28-31, 35, 40, 43-45, 48-49, 52-54, 75-77, 80, 87, 106, 115, 133, 142, 149, 163-164, 168, 170-171, 174, 179, 197-198, 203, 205, 207, 209, 213-214, 251, 256, 260
 —, deduktive 25-26, 35, 43-44, 48, 52-53, 76-77, 80, 256
 —, hypothetiko-deduktive 50, 52, 76
 —, induktive 26, 31
 Monismus 56, 65-67, 76
 Monte-Carlo-Methodik 136
 Multikausalität 6
 Musterbildung 13, 20-21, 70-71, 88, 98-99, 104, 108, 115, 155, 187, 190, 192, 197, 225, 232-233, 239, 243, 256-257, 263
 mutual information 34

 Nächste Nachbarn (NN) 35, 40-41, 43, 253
 Nativismus 96
 Naturwissenschaft 2, 24, 81
 Neuroleptika 148, 154
 neuronal groups 22, 88
 neuronales Netz(werk) 21, 53, 71, 88, 156, 231-232, 251
 Neuronennetze 70, 87
 Nichtgleichgewicht 11, 71-72, 75, 89, 98-99, 103, 197, 233, 253, 256-257, 259, 266
 Nichtlinearität 3-5, 7, 16, 19, 42, 75, 142, 207, 210, 219, 229
 Nichtstationarität 7, 19, 52, 104-105, 111-114, 130, 138, 143, 219, 235, 237, 240, 247-248, 253-254
 Nikotinmissbrauch 138
 normierte Komplexität 176
 Nusseltzahl 98
 NVC-Methode (Noise versus Chaos) 42, 137, 142, 146, 151, 153-154, 207-208, 211, 213-214

 O-Fenster-Technik 192
 O-Technik 182-184, 186, 188, 191
 Objektivität 1, 97, 234
 observational noise 74, 260
 Ökosystem 97, 106
 Optimalisierungstendenz 12
 Optimalität 101, 110, 233
 Optimierung 7, 64, 75, 98
 Ordner 18, 48, 95, 98, 107, 110-111, 219, 256, 258
 Ordnung 4, 7, 12, 16-17, 20, 24, 28, 31, 41, 44, 59-60, 71, 75-76, 83-86, 94-95, 97-98, 108, 136, 164, 176-178, 183-192, 194, 202, 213, 218, 220, 227-228, 233, 236, 244, 250, 255-256, 259-260, 262, 267
 —, freie 59-60, 71
 Ordnung o 183, 185, 191, 255
 Ordnungs-Effekt 187, 190
 Ordnungsparameter 48, 69, 75, 86, 88, 97, 107-108, 164, 168, 179, 182, 197, 256
 Osteoporose 133
 OTIUM-check 101, 110

 P-Technik 34
 Paarbeziehung 208
 Paartherapie 14, 113, 116, 170, 178-179, 209, 228, 276
 Parameterraum 49, 158
 Parameterrauschen 110
 Paranoia 18
 partielle Autokorrelationsfunktion (PACF) 27-28, 144, 211, 213-214, 257
 Patientenstundenbogen 181-182, 190-192
 Pendel 24, 32-33
 Periodogramm 29-30, 36, 139, 144
 Personenfaktor 200-202
 Persönlichkeitsstörung 118, 128
 Pharmakotherapie 19
 Phasenraum 8-11, 31-40, 44-45, 50, 72-73, 75, 105, 115, 134, 140, 142, 173, 242-245, 252, 257
 —, Rekonstruktion des 33-34, 145

- Phasenraumvolumen 38, 46, 256
Phasenübergang 17-19, 112, 132, 156, 172, 175, 178, 186, 197-198, 203, 220, 228, 235, 266
Philosophie 1-2, 15, 56, 80-81, 90, 97, 104, 246
Physik 4, 23-24, 39, 58, 97, 180, 266
Physiologie 1, 21, 221, 229, 254
physiologisches Substrat 70, 90-91, 98, 269
PINV (postimperative negative Variation) 88
Poincaré-Schnitt 250
Potentiallandschaft 57, 108-109, 242
Potentialminimum 65, 242-243
Powerspektrum 29, 42-43, 137, 151
Prägnanz 63-65, 68-69, 75, 81, 102, 164, 257
Prägnanztendenz 64
Prinzip der Tendenz zur Stabilität 96
Problemkonstellation 17, 179, 195
Problemsystem 15
Produktionssystem 95
Produktionsthese(-theorie) 57, 60
Prognostizierbarkeit 141, 207-208
Prozessforschung 15
Prozessgestalt 17-18, 68, 71-72, 74-76, 98-99, 101-103, 105, 109-111, 132, 135, 138, 142, 155-156, 159, 180, 191, 210, 213, 218, 220, 227, 229, 234-235, 237-240, 243-245, 247-249, 257
Prüfgrösse 42, 136-137, 149
Prüfstatistik 42-43
Psychoanalyse/psychoanalytisch 16, 83, 105-106, 135, 246, 264, 272, 277
Psychologie
—, allgemeine 15, 19-20
—, Entwicklungs- 6
—, klinische 3, 6, 14-15, 20, 58, 92, 274
—, Kunst- 65
—, Motivations- 6-7, 20, 22, 58, 99, 103, 266, 269
—, ökologische 14, 58
—, Organisations- 15, 58
—, Sozial- 15, 20, 58, 195-197, 209, 220, 228-229, 263-264, 276
—, topologische 58-59, 66, 196, 270
psychologisches "Jetzt" 73, 82
psychologisches Selbst 80, 97, 235, 240 (vgl. Selbst)
Psychopathologie 14-15, 18, 131-133, 135, 155, 157, 168-169, 227, 261, 268
Psychophysik 63
Psychophysiologie 14, 21, 60, 156
Psychose 121, 128, 146-148, 153-159, 168, 240, 276
Psychoseverlauf 152, 159-160, 165, 245
psychosoziales System (PSS) 20, 72, 74, 89-93, 103-104, 110, 112-113, 131, 180, 191, 196-197, 203, 206, 209, 219, 221, 227-229, 232, 245, 257
psychotherapeutisches Setting (s. therapeutisches Setting)
Psychotherapie 14, 16-17, 170, 179, 181, 183, 185, 187, 194, 221, 225, 241, 245-247, 249, 261, 265-266, 276
—, Allgemeine Theorie der 170, 187
—, heuristische 181, 185, 194, 228, 248, 265
Punkttattraktor 9, 50, 96, 132, 134, 252, 254
Quantenmechanik 80, 97, 110
Querschnittsdesign (-orientierung) 3, 6, 19, 22, 31, 82-83, 87, 112, 114, 130, 146, 157, 159, 164, 169, 195, 226-227, 230
R-R-Abstände 211-212
R-Technik 200-202
Rauchverhalten 112, 115, 137-139, 142, 227, 245
Redundanz 83, 176, 255
Regelkreis 4, 14, 96, 103, 111, 132
Rekursion

—, horizontale 79, 107-108
 —, vertikale 79-80, 82, 108, 110, 234, 255
 rekursiv 4, 52, 73, 107, 111, 238
 Rekursivität 3-4
 Repräsentation 33, 58-59, 203, 205, 250
 res extensa 81, 90
 Reversibilität 24
 Rituale 19-20, 197
 Robotik 53
 Rössler-Attraktor 9-10, 39, 252
 Rubikon 111, 266, 269
 Rückkopplungssystem 178

 sampling frequency 26, 114, 116, 171, 210
 schizoaffektiv 18, 125, 147-148, 157, 163
 schizoaffektive Störung 148, 163
 Schizophrenie 18-19, 143, 146-149, 155-160, 163, 168-169, 239, 263
 Schizophreniedynamik 147, 227
 schizophreniforme Störung 147-148, 156, 163
 Schlaf 21, 112, 116, 210, 214-219
 Schlaf-Wach-Rhythmus 21, 214, 216
 Schlafdynamik 219
 Schlafverhalten 215, 218-219, 229, 245
 Schmetterlingseffekt 17
 Schuldgefühle 189-190, 228
 second cybernetics 14, 270
 Selbst 80, 83, 89-90, 94, 97, 105, 158, 235-240, 247, 249, 251, 254, 257
 Selbstbild 188-190, 228
 Selbstdynamik 181, 238
 Selbstentfaltung der Welt 81
 Selbstkontrolle 101-102, 247
 Selbstmodellierungsgrad (SM) 104-105, 107-109, 232, 234-236, 239-240, 246-249, 254
 Selbstmonitoring 112, 116, 118, 120
 Selbstorganisationstheorie 7, 9, 11-16, 20-22, 25, 44, 47, 54, 67-68, 67, 70-71, 74, 76, 86, 88, 91, 93, 96-99, 103, 108, 115, 134, 155, 170, 179-180, 182, 186, 196-197, 202-203, 219-220, 227, 229, 233-234, 249, 257, 265-267, 269, 272-274, 276
 selbstorganisierte Kritikalität 97
 Selbstreferenz 79-80, 82, 97, 254
 Selbststrukturierung 13, 88, 227, 266
 Selektionsprozess 75, 88, 254
 sensible Abhängigkeit von Anfangsbedingungen 46, 150
 Simplex 40, 163
 Simulation 15, 52-54, 160, 197, 256, 273, 275
 Singularität 63
 Situationsfaktoren 51, 85, 176, 182-183
 Skalendignität 39, 115
 Skalenniveau 67, 115
 Soteriastudie 112, 115-116, 136, 146-149, 155, 157, 159, 161, 163, 168, 226-227, 261
 Soziologie 15, 55, 91
 Soziophysiologie 21, 116, 224, 229, 264
 Soziophysiologische Arbeits-hypothesen 220
 Soziophysiologische Kopplung 229, 258
 Sparsamkeit 28, 55, 140
 Spektralanalyse 29-30, 51, 139, 144, 258
 spline 32
 Spuretheorie (des Gedächtnisses) 95
 Stabilität 4, 7, 9, 17, 33, 45, 47-48, 60-63, 69, 73-74, 96-97, 113, 124, 132, 134, 174, 191, 207, 227, 240, 242-243, 252, 258
 Stabilitätsanalyse 46-47, 73
 Statespace 30, 120, 163, 166, 203
 Stationarität 52, 112-114, 138, 143, 173, 175, 209, 248
 Stationsmilieu 129
 Stimmung 26-27, 29-32, 89, 118, 120-127, 130, 171-179, 203-206, 226
 Stimmungsdynamik 30

- stochastische Prozesse 208 (vgl. linear-stochastisch)
- stream of consciousness 87
- stroboskopische Scheinbewegung 57
- strukturelle Koppelung 16
- Substanzmissbrauch 118, 128
- Substrat 132, 197
- , biologisches/physiologisches 70, 90-91, 98, 269
- , psychisches 91
- Suizid 117, 129, 148
- Summativität 4, 29, 69
- Surrogatdatenmethode 41-42, 136, 153, 258
- Surrogate, phasenrandomisierte 29, 43, 142, 211, 213, 232
- symbolic dynamics 84
- SYMLOG-Methode 20, 197-202, 209, 228, 262, 264
- Symmetriebruch 69, 227
- Symptom 15, 18-19, 133, 142-144, 146-147, 149, 155, 157-159, 226, 239, 253, 270
- Symptomcheckliste (SCL 90-R) 188, 191
- Synchronisation 21, 88, 220-222, 224, 241, 258
- Synergetik 9, 13-16, 18, 47-48, 55, 69, 72, 86-88, 97, 99, 102-103, 108, 114, 155, 164, 182, 186, 197, 209, 215, 219, 227, 230, 243, 258-259, 266, 272, 275
- Synomorphie 92
- System
- , dissipatives 39, 46, 105, 256
- , Hamiltonisches 24, 38, 46, 252
- , vernetztes 4, 84
- Systemebenen 146-147, 156
- Systemgrenze 89-90, 108, 258
- Systemtheorie 3, 14, 25, 57, 67, 96, 131, 262, 269, 274
- T-Technik 119
- Tagebuchverfahren 203
- Täuschungen 19, 76
- Teleologie 7, 75, 98-99
- Theorie dynamischer Systeme (TDS) 2, 7-8, 23, 25, 31-32, 43-44, 53, 55, 67, 72, 79, 96, 113-115, 132, 146, 156-157, 196-197, 225, 228, 230, 242, 250, 252, 259
- Theoriekern 55, 226
- Therapeutenstundenbogen 181-182, 195
- therapeutisches Setting/Therapiesetting 15, 94, 105, 180, 190-191, 228, 245-249
- Therapie-Outcome 180, 187-188, 190-192, 194-195, 228, 248, 271
- Therapieform 16, 184-185, 194, 242, 247-248, 265
- Therapiephasen 175-176, 178
- Therapieschulen 14-15, 179, 220, 242, 247
- Therapiesystem (TS) 16-17, 21, 89, 91-92, 105, 178-181, 186-188, 190-192, 194-195, 259
- Therapieziel 15-17, 193, 241
- Thermodynamik 4, 10, 24-25, 33, 69, 97
- Topologie/topologisch 35, 58-59, 66-67, 80, 156
- Torus 33, 46, 96, 214
- TOTE-Sequenzen 111
- Trajektorie 8, 32-33, 45-46, 82, 150, 242, 245, 259
- Transaktionsmuster 178
- Transfer 191, 195
- Transposition 57, 61-62
- Triade 20, 116, 198, 204-205, 228, 248, 259, 269
- Tunnelphänomen 76
- turbulentes Verhalten 11, 132, 155, 186, 209, 262, 275
- Turing-Maschine 93, 95
- übersummativ 4, 16, 52, 57
- Übertragung 241, 246-247, 249, 272
- Übertragungsneurose 16
- Umweltparameter 11
- Unbewusstes 20, 58, 62, 88, 90, 95, 254

unendliche Analyse 180, 247, 264
 Unschärferelation 97, 110
 Unsicherheitsfragebogen (UFr) 188-190, 228

 Valenz 20, 59-60, 72-75, 88-90, 98-103, 105, 107-111, 131, 134, 197, 215, 233, 238, 243-245, 248, 252-257, 259
 vehicles 53
 Verhaltenskern 87-90, 102, 110-111, 179, 197, 233, 251-252, 254-255, 259
 Verhaltenstherapie 16, 181, 185, 228, 245, 247
 Versklavungsprinzip 18, 48, 74, 86, 88, 98-100, 179, 227, 234
 Verstörung 16, 73-74, 158, 179
 Vielteilchensystem 48
 Vitalismus 60, 232
 Vitaport-System 210, 221
 Volition 7, 99, 103, 269
 Vorhersagbarkeit 7, 35, 40-41, 43, 137, 140-141, 145, 150, 153, 172-174, 176-177, 179, 208, 219, 231, 235
 Vorhersagealgorithmus 40-41, 140, 145, 173-174, 208
 Vorhersagequalität 40-41, 140, 145

 Wahn 18, 148-149, 159, 164-165, 226, 239-240
 Weinheimstudie 115, 136, 170, 186-187, 201
 Wiederholungszwang 17
 Wille 102, 233
 Wirkungsgefüge 4, 166, 172, 179, 260
 Wissensbasis 95
 Wissenschaft, vorparadigmatische 196
 Wissenschaftssystem 14

 Zeigarnik-Effekt 13, 100
 Zeitreihenanalyse 6, 28, 34, 50-52, 82, 105, 113-114, 120, 123-124, 126-127, 130, 139, 158, 160, 163, 169-170, 172, 174, 179, 198, 221, 231, 251, 256
 Zeitskala 18, 156
 Zeitumkehr 24
 Zeit, psychologische 82
 Zeitverzögerungskordinaten 40, 42, 150
 Ziele 7, 20, 59, 75, 94, 99, 101-103, 111, 130, 179, 230, 241, 247, 254
 Zirkularität 20, 109, 247
 Zufall 21, 26, 28, 31, 34, 36, 40-42, 51, 64, 69, 73-74, 85, 97, 132-138, 140-142, 145, 147, 150-151, 153, 159, 164, 171, 173-174, 176-178, 192, 194, 207-208, 210-211, 213, 215-216, 218-219, 223, 229, 231, 243, 245, 250-251, 253, 259
 Zustandsraummodell 30-31, 51, 120, 124-128, 130, 159, 163-165, 172-177, 182, 184, 205, 208, 226, 229, 260
 Zwänge 17, 19, 149, 189-190, 228
 Zwangsordner 60
 zyklische Neutropenie 133