

G. Schiepek, G. Strunk und Z. J. Kowalik

Die Mikroanalyse der Therapeut-Klient-Interaktion mittels Sequentieller Plananalyse

Teil II: Die Ordnung des Chaos

Zusammenfassung Das Verfahren der „Sequentiellen Plananalyse“ bietet die Möglichkeit, Prozesse der Beziehungsgestaltung zwischen Therapeut/in und Klient/in in hochfrequenter Weise zu kodieren (zeitliche Auflösung: 10 Sekunden). Eine Kodierung auf diesem zeitlichen Auflösungs-niveau läßt ein hochgradig irreguläres Verhalten erkennen, und zwar sowohl auf der qualitativen Ebene (Abfolge vertikaler, also synchroner Planaktivierungsmuster) als auch auf der quantitativen Ebene (Zeitreihen der Ausdrucksintensität bestimmter Selbstdarstellungsformen). Trotz der beobachtbaren Irregularität handelt es sich aber offenbar nicht um Zufall, wie anhand der zeitlichen Abfolge von Planaktivierungsmustern deutlich gemacht wird. Stattdessen hält die Unordnung eine komplexe Form der Ordnung versteckt – ein Phänomen, das in der modernen Systemtheorie mit dem Begriff des „Chaos“ bezeichnet wird. Nach einer Charakterisierung des Konzepts des „deterministischen Chaos“ – das übrigens inzwischen in vielen Wissenschaften, die sich die Möglichkeiten der Theorie nichtlinearer dynamischer Systeme zunutze machen, eine wichtige Rolle spielt – wenden wir uns dem für das Chaos typischen „Schmetterlingseffekt“ zu. Dieser Effekt, d.h. die sensible Abhängigkeit der Systementwicklung von den Anfangsbedingungen, läßt sich auch in unseren Zeitreihen nachweisen (über die Berechnung sog. größter Lyapunov-Exponenten, LLEs). Die zeitliche Entwicklung der LLEs (sog. lokale LLEs) gibt zu erkennen, daß im therapeutischen Prozeß charakteristische, zum Teil synchronisierte Sprünge und Diskontinuitäten auftreten.

Breiten Raum nimmt abschließend die Diskussion der Frage ein, welche Konsequenzen mit diesen Forschungen für Praxis und Wissenschaft verbunden sind: Was würde es für die Psychotherapie bedeuten, sollte sich die Hypothese, die Therapeut-Klient-Interaktion sei ein nichtlineares, dynamisches System und mithin vom Chaos geprägt, erhärten?

Schlüsselwörter: Sequentielle Plananalyse, Therapeut-Klient-Interaktion, dynamische Muster, Chaos, Zufall, Nichtvorhersehbarkeit.

The microanalysis of the client-therapist-interaction by means of Sequential Plan Analysis

Part II: The order of chaos

Abstract The method of “Sequential Plan Analysis” enables a high frequency encoding of client’s and therapist’s self-presentation in a therapy process (coding unit: 10 seconds). The resulting patterns of plan activations (qualitative patterns) as well as the quantitative quasi time series (intensities of certain self-presentation features) are showing highly irregular behaviors. However, these plan activation patterns can be differentiated from noisy patterns, realized simply by chance. Under the surface of irregularity, some kind of complex order can be found. In modern system theories, this paradoxical phenomenon of ordered irregularity or deterministic unpredictability is called “chaos”. Interestingly enough, most of the living and social systems are able to realize chaotic behaviors, in as far as they are nonlinear, self-organizing, far from equilibrium systems. We will describe the most important features of chaos. One of this is the so called “sensitive dependency of the system behavior on its initial conditions”. It can be identified by measuring the Largest Lyapunov Exponent of a time series, which at the same time, is a measure of the degree of its unpredictability. Following the local development of the Largest Lyapunov Exponent, we see that critical transitions occur within the therapeutic process. The implications of our results for theory, research and the practice of psychotherapy are outlined.

Keywords: Sequential Plan Analysis, client-therapist interaction, dynamical patterns, chaos, noise, non-predictability.

L'interrelation entre thérapeute et patient dans la psychothérapie: un système auto-organisé**Deuxième partie: L'ordre du chaos**

Résumé Dans la première partie de cet article, on a proposé une méthode développée pour la description des configurations interactionnelles dans la communication thérapeutique, s'appellant "Analyse Séquentielle de Plans". En utilisant l'enregistrement vidéo-graphique d'une thérapie individuelle de 13 séances (réalisée d'après le concept du BFTC [thérapie brève orientée vers les ressources et les solutions], de Shazer, 1989), on arrivait à un système complet des plans interactifs du thérapeute et de la patiente. Le résultat de notre méthode consistait dans une série de données qualitatives (activations des plans observés d'une solution temporelle de 10 secondes) et des séries de temps quantitatives. Les séries de temps quantitatives représentent l'évolution des intensités de différentes qualités de l'auto-présentation, réalisées par le thérapeute et la patiente. En regardant les séries de données, on a l'impression qu'il s'agit d'évolutions très irrégulières, très "chaotiques".

Quand même, ce n'est pas des processus dangereux. Si on regarde la distribution des configurations des plans réalisées dans la thérapie, elle est tout à fait différente d'une distribution qu'on pourrait attendre d'après la pure chance (distribution de Poisson). Evidemment, l'irrégularité de nos séries de données cache un certain ordre. Certes, il y a plusieurs possibilités pour expliquer la divergence entre une réalisation de pure chance et nos données empiriques, peut-être aussi des possibilités linéaires. Ici, on suit un chemin non-linéaire, le chemin de la "théorie du chaos". Comme dans la nature, en psychologie la plupart des systèmes dynamiques devraient être non-linéaires.

Sans entrer dans les détails complexes de cette théorie, nous signalerons brièvement quelques notions élémentaires de phénoménologie du chaos pour mieux la faire comprendre. Surtout, on explique "l'effet papillon", une métaphore pour la dépendance sensitive de l'évolution d'un système des conditions initiales ou des interventions minuscules, et le concept des "attracteurs étranges". Le comportement d'un système suivant un certain attracteur peut avoir une certaine stabilité adaptative aux changements de l'environnement ("homéostasie chaotique"). Ainsi, le chaos et l'instabilité ne sauraient être confondus (Marchais, 1989). Une instabilité critique se manifeste si un système organisé autour d'un certain attracteur se réorganise autour d'un nouvel attracteur sous l'effet de modifications des paramètres. Ensuite, pour

comprendre le chaos il faut comprendre la collaboration permanente de "forces" divergentes, établissant "l'effet papillon", et de "forces" convergentes, établissant la dynamique attrayante.

En utilisant des outils de réflexion et d'analyse (H. Schneider) de la théorie des systèmes dynamiques non-linéaires, la recherche en psychothérapie se présente comme science des processus évolutifs complexes (Fäh-Barwinski, 1995). On arrive à une démarche qui permet d'élaborer un langage et une méthodologie permettant de décrire les phénomènes dynamiques auto-organisés dans la psychothérapie avec précision et de les rendre saisissables.

Pour rendre saisissable "l'effet papillon" dans nos séries de temps, on explique la méthode des exposants "Lyapunov". Dans tous les séries, on trouve des exposants Lyapunov positifs (Largest Lyapunov Exponents, LLE). Les LLE des séries de temps de la patiente sont plus grands que ceux du thérapeute, indiquant que le comportement de la patiente est moins prédictible et réagit plus aux moindres irritations que le comportement du thérapeute.

En utilisant des méthodes nouvelles saisissant des évolutions non-stationnaires, en effet, nos séries de temps se révèlent non-stationnaires, c'est à dire qu'on découvre des transitions chaoto-chaotiques. Quelques unes de ces transitions sont bien synchronisées, ce qui nous permet une petite vue sur les mécanismes synergétiques dans l'interaction entre la patiente et le thérapeute: l'auto-organisation de la psychothérapie. A côté de l'ordre du chaos, c'est aussi dans l'évolution des corrélations entre les séries de temps différentes qu'on découvre la non-stationarité. Dans le processus d'une psychothérapie, ces corrélations changent dramatiquement. Ça nous permet de comprendre l'importance du contexte pour rendre une certaine intervention effective. A l'avenir, la recherche sur l'effectivité des méthodes thérapeutiques devrait s'orienter plus aux contextes de leur application (qui changent sans cesse) qu'aux méthodes elles-mêmes.

Si on s'oriente vers les conséquences de notre recherche, il faut savoir qu'on ne trouve rien d'autre qu'au niveau d'hypothèses. Effectivement, on a regardé une seule thérapie. La fin de l'article présentera quand même quelques idées au sujet de ce qu'on pourrait gagner pour mieux comprendre la psychothérapie, si l'on poursuit le chemin difficile de la théorie des systèmes dynamiques non-linéaires, le chemin du "chaos".

1. Therapeutische Beziehungsgestaltung: Alles Zufall?

In Teil I der vorliegenden Arbeit (Schiepek et al., 1995) berichteten wir über die Entwicklung eines idiographischen Kodiersystems zur Erfassung der Beziehungsgestaltung im psychotherapeutischen Prozeß. Dieses Kodiersystem beruht auf einer Weiterentwicklung der von Grawe und Caspar vorgeschlagenen hierarchischen

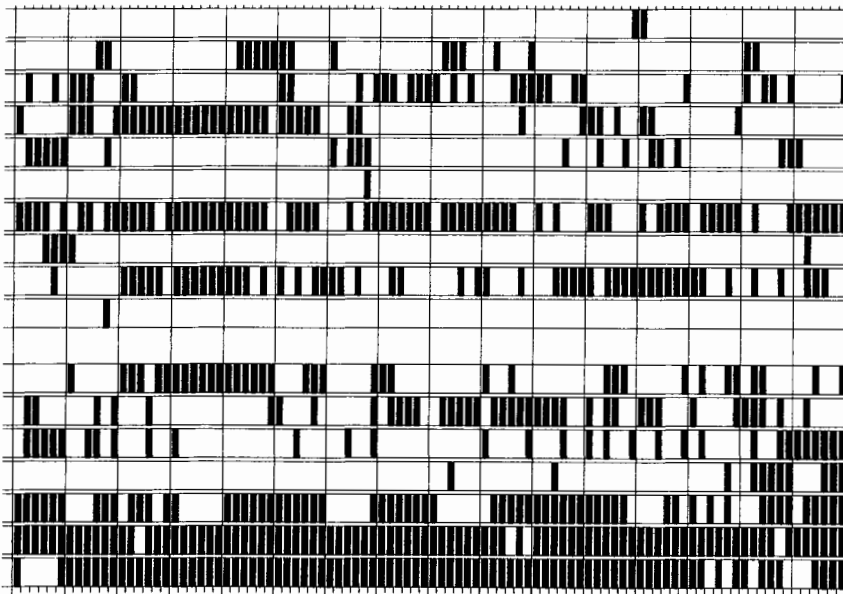
Plananalyse (z.B. Grawe und Caspar, 1984; Caspar, 1989). Ähnlich dieser versucht das von uns entwickelte Verfahren, beziehungsrelevante Pläne von Interaktionspartnern auf der Grundlage beobachtbarer Verhaltensweisen zu erschließen. Daraus resultiert zunächst ebenso wie in der traditionellen Plananalyse eine umfangreiche Planhierarchie für jede beobachtete Person (z.B. Therapeut/in und Klient/in). Auf der Grundlage

Therapeut

- Zeige Kompetenz
- Erzeuge eine vertrauensvolle Beziehung
- Zeige Dich einfühlsam
- Motiviere sie
- Veranlasse sie Denkmuster zu reflektieren
- Konfrontiere sie
- Aktiviere sie
- Zeige, daß sie verantwortlich ist
- Lenke ihre Aufmerksamkeit
- Gib ihr Struktur

Klientin

- Stärken und Kompetenzen
- Zeige: Du hast es schwer
- Sei eine gute Klientin
- Leiden außenbeeinflußt
- Fordere Hilfe
- Zeige Interesse an der Lösung der Probleme
- Schütze Dich vor Veränderungen



475

571

Sitzung 1

Abb. 1. Beispiel für die Partiturdarstellung der Abfolgemuster von Oberplänen (oben Therapeut, unten Klientin). Dargestellt ist ein Ausschnitt aus der zweiten Therapiestunde (vgl. Teil I dieser Arbeit, Abb. 6). Die senkrechten Striche (Taktstriche der Partitur) fassen sechs 10-Sekunden-Intervalle zusammen, also jeweils eine Minute

solcher Planhierarchien wird die Mehrfachdeterminiertheit des menschlichen Verhaltens unmittelbar deutlich. Pläne sind – um dies zu rekapitulieren – mehr oder weniger bewußte Absichten bzw. „Handlungsprogramme“ (vgl. Miller et al., 1960), die sich im konkreten Verhalten manifestieren. Personen handeln so, als ob sie einer Art „Selbstinstruktion“ folgen würden, z.B. „Zeige dich kompetent“, „Versuche, die Kontrolle zu behalten“, „Zeige Interesse und Bereitschaft, an der Lösung deiner (eigenen) Probleme zu arbeiten“, „Schütze dich vor bedrohlichen Veränderungen“. Schematheoretisch formuliert (vgl. Grawe, 1986; Grawe et al., 1994) repräsentieren Pläne den motivationalen Aspekt aktivierter kognitiv-emotionaler Schemata. Allerdings betrachten wir die Plananalyse weniger als Mittel, versteckte Motive aufzudecken, sondern vielmehr als Möglichkeit, die Vielfalt der menschlichen Selbstdarstellung in kommunikativen Situationen zu beschreiben. Wir befinden uns also zunächst auf der Spur der Selbstdarstellungsforschung (z.B. Friedlander und Schwartz, 1985; Strong, 1987; Mummendey, 1990; Laux und Weber, 1993; Renner et al., 1993), die sich dafür interessiert, welche Beziehungsangebote Personen in sozialen Situationen machen und wie diese Beziehungsangebote von Interaktionspartnern erwidert werden. In der dyadischen Situation einer Einzelpsychotherapie¹ entsteht daraus ein geschlossener

Kreislauf interaktiver Beziehungsgestaltung, mit anderen Worten, ein dynamisches, kommunikatives System.

Die von unserer Arbeitsgruppe vorgenommene Weiterentwicklung der Plananalyse versucht genau dieser Tatsache Rechnung zu tragen, nämlich daß in einem kommunikativen System die beteiligten Interaktionspartner durch *synchrone* Beziehungsgestaltung ein *diachrones* Muster erzeugen. Allein weil in Face-to-face-Situationen, wie z.B. therapeutischen Gesprächen, alle Beteiligten physisch anwesend sind, finden Interaktionen nicht in Form eines Ping-Pong-Spiels statt – auch wenn einer redet und der andere zuhört. Vielmehr gibt es immer eine Synchronizität der Kommunikation, vor allem der nonverbalen Kommunikation, was sich in einem Koinzidenzmuster gleichzeitig aktivierter Pläne ausdrückt. Diese „Gleichzeitigkeit“ kann sich natürlich nur in bestimmten Zeitintervallen feststellen lassen, die bei unserem Verfahren 10 Sekunden betragen. Die zeitliche Abfolge synchroner Planaktivierungsmuster beschreibt eine Sequenz, einen diachronen Prozeß der Beziehungsgestaltung. Die Möglichkeit einer Darstellung kommunikativer Prozesse als zeitliche Abfolge von Planaktivierungen hat unserem Verfahren den Namen gegeben: *Sequentielle Plananalyse*.

Abbildung 1 illustriert die Abfolge synchroner Planaktivierungsmuster von Therapeut und Klientin, welche selbst wiederum ein diachrones Muster, also ein

¹ Natürlich auch bei Paar- oder Familientherapien bzw. in Gruppen. Bei der hier untersuchten Therapie handelte es sich jedoch um eine Einzeltherapie, nämlich um eine 13-stündige, lösungsorientierte Kurzzeittherapie nach dem Konzept von S. de Shazer und I. Berg (z.B. de Shazer, 1989; 1992), durchgeführt an der Psychotherapeutischen For-

schungs- und Beratungsstelle der Universität Bamberg (Leiter: Dr. Peter Kaimer). Die Klientin war eine ca. 26 Jahre alte Frau, verheiratet, Mutter einer Tochter. Eine kurze Beschreibung dieser Therapie findet sich in Teil I der vorliegenden Arbeit.

zeitliches Verlaufsmuster erzeugt. Insgesamt wurden im Rahmen der hier beschriebenen Einzelfallanalyse einer lösungsorientierten Kurzzeittherapie 3922 Meßintervalle kodiert. Diese Anzahl ergibt sich aus der 10-Sekunden-Quantelung von 13 Therapiesitzungen. Der Beschriftung von Abbildung 1 sind die Bezeichnungen der Oberpläne zu entnehmen, nach denen Therapeut und Klientin – zumindest nach Einschätzung der Beobachter – ihre Beziehung gestalten. Jeder Oberplan umfaßt mehrere Unterpläne, und jeder Unterplan wird durch zahlreiche konkrete Verhaltensweisen (Operatoren) verbaler oder nonverbaler Art (Gestik, Blickrichtung, Körperhaltung, paraverbale bzw. sprachqualifizierende Merkmale) repräsentiert (vgl. Abb. 4 in Teil I dieser Arbeit). Hinter der Kodierung eines Oberplans stehen also ganz konkrete Beobachtungen, die für das Auftreten des jeweiligen Plans bzw. des jeweiligen Beziehungsangebots in einem bestimmten Zeitintervall sprechen.

Die mit Hilfe der Sequentiellen Plananalyse mögliche Partiturdarstellung (Abb. 1) macht drei wesentliche Strukturprinzipien sozialer Interaktionen visualisierbar, nämlich *Reziprozität*, *Sequentialität* und *Vertikalität* (vgl. Boos, 1995; Schiepek, 1995a). „Vertikalität“ meint die Überlagerung von Verhaltensweisen verschiedener Art zum gleichen Zeitpunkt, „Reziprozität“ drückt aus, daß Interaktionspartner A den Prozeß ebenso sehr oder ebenso wenig steuert wie Interaktionspartner B: es gibt keine ausgewiesene „unabhängige Variable“ und keinen kontextunabhängigen „Wirkfaktor“ des Geschehens.

Trotz der Einsichtigkeit dieser allgemeinen Prinzipien tut man sich bei der Betrachtung von Abb. 1 schwer, ein klares vertikales oder sequentielles Muster zu erkennen. Sicher treten einige Pläne in dichter Reihenfolge auf als andere, aber eine „gute“ Gestalt springt nicht so leicht ins Auge. Vielleicht haben wir beim Betrachten interaktioneller Partituren nur noch nicht die rechte Übung, so wie dem Laien beim Blick auf komplexe Musikpartituren leicht schwindelig wird, während der Profi problemlos vom Blatt spielt. Vielleicht sind die Noten unserer Planpartitur aber auch wahllos auf das Blatt verstreut, ist nichts als blinder Zufall am Werk? Das wäre enttäuschend: wissenschaftlich, weil jede Wissenschaft auf der Suche nach Ord-

nung ist, und praktisch, weil therapeutisches Handeln dann ein Stochern im Nebel, ein bloßes unspezifisches „Verstören“ wäre. Löst sich die subjektive Regelmäßigkeit unserer praktischen Erfahrung auf der interaktionellen Mikroebene ins Nichts auf? Stehen wir vor dem Abgrund zum Chaos?

Im folgenden wollen wir versuchen, eine mögliche Antwort auf diese beunruhigende Frage zu finden. Die Frage lautet: Würfeln die Götter der Psychotherapie einfach aus, was zwischen Therapeut/in und Klient/in passiert (mit der Konsequenz, daß unser sogenanntes „Wissen“ über Psychotherapie als sozial konstruierte Illusion betrachtet werden müßte)? Das Datenmaterial der sich über 3922 Meßzeitpunkte erstreckenden Planpartitur kann hierzu vielleicht erste Aufschlüsse geben.

In der im Rahmen unserer Einzelfallstudie durchgeführten Sequentiellen Plananalyse werden für den Therapeuten 10 Oberpläne und für die Klientin 7 Oberpläne identifiziert. Definiert man nun die zu betrachtenden Muster als Kombinationen der Aktivierung der verschiedenen Oberpläne pro Zeiteinheit (Abb. 1), so läßt sich leicht angeben, wieviele Kombinationen überhaupt möglich wären. Jeder Plan kann zwei Zustände annehmen (aktiv oder inaktiv). Bei 10 Plänen wären das $2^{10} = 1024$ mögliche, bei 7 Plänen $2^7 = 128$ mögliche Kombinationen. Betrachtet man die Planaktivierungen beider Interaktionspartner als Gesamtsystem (also 17 Oberpläne), so kommt man gar zu $2^{17} = 131072$ möglichen Kombinationen. Tatsächlich werden jedoch erheblich weniger Plankombinationen realisiert, nämlich vom Therapeuten 376, von der Klientin 79 und vom gesamten Interaktionssystem 1870.

	mögliche Kombinationen	realisierte Kombinationen
Therapeut	$2^{10} = 1024$	376
Klientin	$2^7 = 128$	79
Gesamt	$2^{17} = 131072$	1870

Um nun ein Gespür dafür zu bekommen, wie zufällig oder wenig zufällig (d.h. unwahrscheinlich) die Auftretenshäufigkeiten der realisierten Kombinationen sind, müssen wir einen Schritt weitergehen. Wir tun dies, indem wir ein kleines Gedankenexperiment anstellen.

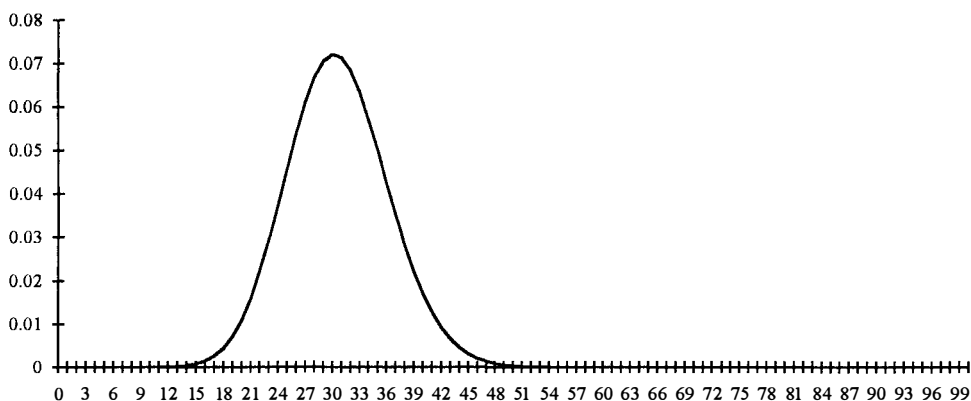


Abb. 2. Poissonverteilung mit $N = 3922$ Ziehungen und einer Wahrscheinlichkeit $p = 1/128 = 0,0078$ pro Ziehung. Auf der Abszisse sind die Ziehungshäufigkeiten k einer bestimmten Kugel aufgetragen (dargestellt ist $0 \leq k \leq 100$). Die Ordinate gibt die Wahrscheinlichkeit dafür an, daß eine bestimmte Kugel (Realisation) bei 3922 Ziehungen k mal gezogen wird ($p = 0,071$)

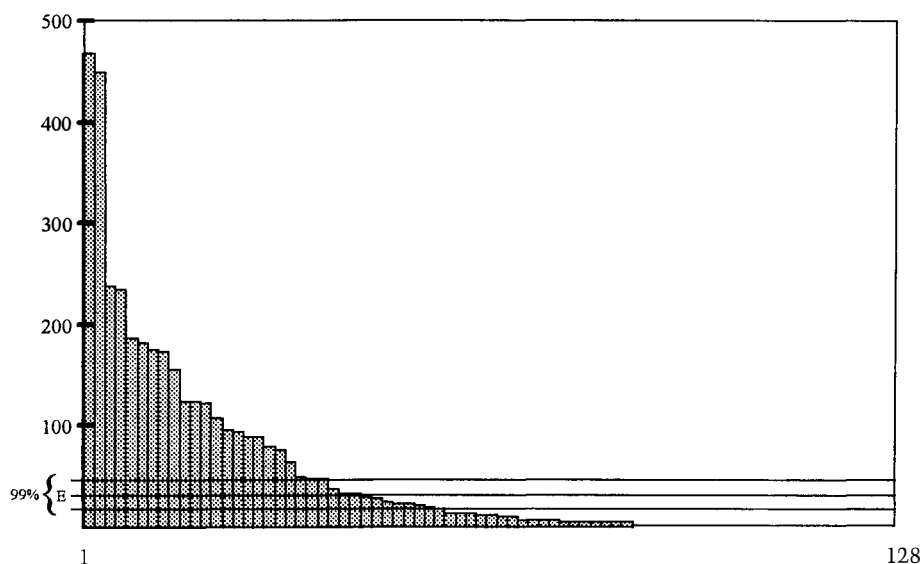


Abb. 3. Häufigkeitsverteilung der empirisch gefundenen Plankombinationen der Klientin. Bei der Klientin wurden 79 von 128 möglichen Plankombinationen realisiert. Diese 79 Kombinationen wurden nach der Häufigkeit ihres Auftretens sortiert. Häufigkeiten, die über oder unter dem eingezeichneten 99%-Konfidenzintervall (um den Erwartungswert von ca. 31) liegen, sind extrem unwahrscheinlich

Nehmen wir an, wir hätten eine Anzahl von Kugeln in einer Kiste. Jede dieser Kugeln repräsentiert eine mögliche Plankombination. Wenn wir unser Gedankenexperiment am Beispiel der Klientin durchexerzieren, wären das also genau 128 Kombinationen bzw. Kugeln. Wollten wir eine wirklich zufällige Verteilung aller dieser Kombinationen über die 3922 Meßintervalle unserer Therapie gewährleisten, müßten wir eine Kugel ziehen, die auf ihr notierte Kombination in unser Notenzeilenschema (Abb. 1) bei Meßpunkt 1 eintragen, und die Kugel wieder in die Kiste zurücklegen (mischen nicht vergessen!). Diese Prozedur müßte sich nun für alle 3922 Meßpunkte wiederholen. Da die Wahrscheinlichkeiten dafür, eine Kugel zu ziehen, für alle Kugeln gleich sein dürfte, würde jede Kugel ungefähr 31 mal gezogen (denn 31 mal 128 ist ca. 3922). 31 ist also der Erwartungswert. Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß eine Kugel 31 mal gezogen wird, beträgt $p = 0.071$. Daneben kann es aber auch sein, daß eine Kugel 32 mal oder 29 mal, 28 mal, 27 mal, oder auch 33, 34 etc. mal gezogen wird. Je weiter wir uns von 31 wegbewegen, desto unwahrscheinlicher werden diese Ziehungshäufigkeiten aber. Die Verteilung der Wahrscheinlichkeiten, die sich um den Erwartungswert (hier bei $k = 31$) herum anordnen, nennt man *Poissonverteilung*. Die Poissonverteilung gibt darüber Auskunft, wie hoch die Wahrscheinlichkeit dafür ist, daß eine bestimmte Kugel (Realisation) bei N Ziehungen aus der Kiste k mal vorkommt (vgl. Abb. 2).

Die Poissonverteilung ist in diesem Fall deshalb statistisch zutreffend, weil es sich im Grunde um eine Binomialverteilung für große Stichproben handelt: Es werden Häufigkeiten von Realisationen betrachtet, die nur die Werte 0 oder 1 annehmen können (eine Kugel wird gezogen oder nicht gezogen), zudem werden viele Ziehungen (hier 3922) durchgeführt, wobei jedes einzelne Ereignis eine kleine Grundwahrscheinlichkeit hat ($1/128 = 0.0078$). Über die Poissonverteilung läßt

sich ein Konfidenzintervall derart bestimmen, daß klar wird, welche Ziehungshäufigkeiten k außerhalb eines Wahrscheinlichkeitsbereichs von 99% liegen (s. Abb. 3). Die Grenzen dieses Bereichs liegen bei $k_{\text{krit}} = 17$ (untere Grenze) bzw. $k_{\text{krit}} = 46$ (obere Grenze). Kleinere und größere Auftretenshäufigkeiten bestimmter Plankombinationen sind also hoch unwahrscheinlich. (Übrigens müßte man Erwartungswerte und Konfidenzintervalle kontinuierlich neu berechnen, da sich die Anzahl N der möglichen Ziehungen ja verringert, wenn eine bestimmte Plankombination „ausgeschöpft“ ist; dies ändert jedoch nichts Grundsätzliches an der hier vorgetragenen Argumentation.)

Betrachtet man nun die tatsächliche Verteilung der Häufigkeiten, mit der die einzelnen Plankombinationen vorkommen, so erkennt man, daß diese Verteilung keineswegs dem entspricht, was bei einer zufälligen Ziehung zu erwarten wäre. Ein zufälliges Auftreten der 128 Plankombinationen würde, wie beschrieben, dazu führen, daß jede ungefähr 31 mal vorkommt, wobei die Schwankungsbreite innerhalb des Konfidenzintervalls liegen sollte. Empirisch aber kommen 49 überhaupt nicht vor, etliche andere extrem selten, dagegen wieder andere weit überzufällig häufig. Insgesamt zeigt sich, daß viele selten oder nie, wenige dagegen oft realisiert werden. Diese Verteilung (s. Abb. 3) entspricht einem Potenzgesetz², wie es für die sog. „selbstorganisierte Kritizität“, ein Merkmal vieler selbstorganisierter Systeme, typisch ist (Bak und Chen, 1991). Würde man sowohl Ordinate als auch Abszisse logarithmisch einteilen (z.B. zur Basis 10, sog. doppelt-logarithmische Darstellung), entspräche die Verteilung etwa einer geraden Linie von links oben nach rechts unten. Derartige

² Z.B. $1/x^b$, mit $x > 0$ und $b > 1$; der Exponent b gibt die „Steilheit“ bzw. den Grad der Krümmung der konkaven Kurve an.

Potenzgesetze treffen z.B. auf die Verteilung von Erdbeben zu: Erdbeben von geringer Stärke sind sehr häufig, solche von extremer Heftigkeit dagegen vergleichsweise sehr viel seltener. Ähnliche Verteilungen wurden auch bei Simulationen von Erdbeben gefunden, die auf Annahmen über die Verschiebung und Kräfteeinwirkung zwischen zahlreichen Platten (Modellvorstellung der Erdkruste) beruhen. Offenbar verhalten sich unterschiedlichste physikalische, geologische, aber auch biologische Systeme nach Potenzgesetzen (Bak et al., 1988, 1989; Bak und Chen, 1991; vgl. auch das von Reiter et al. [im Druck] beschriebene Lotka'sche Gesetz von Publikationshäufigkeiten).

Die hier beschriebene, in etwa einem Potenzgesetz folgende Häufigkeitsverteilung der Plankombinationen läßt sich nicht nur für die Klientin feststellen, sondern auch für den Therapeuten und die Gesamtkombination aller 17 Oberpläne von Therapeut und Klientin. Alle drei Verteilungen weichen eklatant von dem ab, was aufgrund eines zufälligen Auftretens der Pläne zu erwarten wäre. Daß es sich bei den mittels Sequentieller Plananalyse erhobenen Daten nicht um das Rauschen des Zufalls handeln kann, mag ohne Zweifel bereits aus den in Teil I dieser Arbeit vorgetragenen Ergebnissen deutlich geworden sein. Diese Ergebnisse dürften für viele Praktiker/innen, und hoffentlich auch für Sie, liebe Leserinnen und Leser, therapeutisch sinnvoll und plausibel erscheinen.

Dennoch macht dieser vielleicht beruhigende Befund das in Abb. 1 dargestellte Planaktivierungs-Muster nicht regulärer. Es sieht immer noch genauso chaotisch aus wie vorher. Wir müssen uns also offenbar mit einer kognitiven Dissonanz vertraut machen: was uns hier vorliegt, ist ein irregulär aussehendes Muster, das dennoch nicht zufällig ist, eine Art Ordnung in der Unordnung. Genau an dieser Stelle begegnen wir dem Chaos.

2. Was ist Chaos?

Das Chaos tritt uns zunächst als Widerspruch entgegen: Chaos ist offenbar nicht Chaos, wenn wir damit im Sinne der Alltagssprache nur Unordnung, Willkür und Zufall meinen. Die Abgrenzung vom Zufall gehört sogar zu den wesentlichen Definitionsmerkmalen eines Begriffs von „Chaos“, wie er in der modernen Systemtheorie benutzt wird. In der Terminologie der Theorie dynamischer Systeme bezeichnet dieser Begriff eine irreguläre, (längerfristig) nicht vorhersehbare Dynamik, die aber eben nicht zufällig, nicht pures Rauschen ist. Es handelt sich also keineswegs um Unordnung, sondern um *komplexe Formen dynamischer Ordnung*. Das Anliegen der Chaosforschung besteht konsequenterweise eben darin, verschiedene Formen dieser dynamischen Ordnung zu identifizieren, zu klassifizieren und ihre Übergänge verstehbar zu machen.

Für die Nutzung der Chaostheorie³ im Bereich der

Psychotherapie sollte von Anfang an festgehalten werden, daß die Assoziationen zu Alltagssprachlichen Vorstellungen von Chaos mißverständlich sind. Es wird hier keiner therapeutischen Willkür das Wort geredet, und die Botschaft lautet weder „anything goes“ noch „nothing goes“. Wenn das Wort „Chaos“ in Zusammenhang mit Psychotherapie benutzt wird, sollte man daher genau prüfen, was gemeint ist. Bei manchen Benutzern der Chaos-Metaphorik hat man z.B. den Eindruck, daß nicht Chaos, also ein dynamischer Ordnungszustand (Attraktor) gemeint ist, sondern eher das Gegenteil, die Auflösung eines Ordnungszustands. Derartige durch ausgeprägte Fluktuationen gekennzeichnete Destabilisierungen mit anschließendem Übergang in einen neuen Ordnungszustand bezeichnet man jedoch nicht als Chaos, sondern als „kritische Instabilität“ (Haken, 1990; Schiepek und Strunk, 1994). Auch das sollte es in Psychotherapien geben, geht es bei vielen Hilfesuchenden doch gerade um die Auflösung eines allzu einengenden, belastenden Musters intrapsychischer und/oder kommunikativer Art. Phasen kritischer Instabilität erfordern besondere Sorgfalt und Unterstützung von Seiten des Therapeuten.

Was die Chaosforschung der Psychotherapie zunächst anbietet, ist ein Denken in Kategorien von organisierter Komplexität (Weaver, 1978) und Dynamik. Die Strukturen, mit denen es die Psychotherapie zu tun hat, sind keine statischen, wie bei der Reparatur eines Wasserhahns, sondern es sind dynamische Strukturen im Fluß des Fühlens, Denkens und Handelns. Diese dynamischen, irregulären und dennoch geordneten Strukturen nennt man „seltsame Attraktoren“. Mit ihnen verbindet sich am ehesten das Bild eines turbulenten Wirbels im Wasser, wie in folgendem Gedicht von Hans Magnus Enzensberger (1991, S. 112):

Seltsamer Attraktor

Minuten-, stunden-, tagelang
gebeugt über das Geländer,
über Millionen
von unlösbaren Gleichungen,
seh ich ins Aug des Zyklons,
der mir ins Auge sieht;

kalkgrün, weißschäumend
rauscht die helle Materie,
hypnotisch kreisend,
die glitzernde Gischt,
in wiederkehrenden Strudeln
nie wiederkehrend;

und obenauf, flaumig,
im Schaum, im Licht,
taumelt, tanzt etwas Nasses,
Braunes, das tanzt,
aber nicht untergeht,
taumelt ein Teddybär.

Vor allem erschließt sich der Psychotherapie nun die Dimension der Zeit: wir müssen zeitliche Entwicklungen betrachten, uns minuten-, stunden-, tagelang über das Geländer beugen, um des Chaos ansichtig zu wer-

³ Inzwischen gibt es zahlreiche gut verständliche Einführungen, z.B. J. Briggs und F. D. Peat (1990) Die Entdeckung des Chaos. Eine Reise durch die Chaos-Theorie. Hanser Verlag, München. Kurz, verständlich und mit psychologisch/psychiatrischem Bezug führt auch Schmid (1991) ein.

den. Im Fall der Sequentiellen Plananalyse hatten wir das therapeutische Geschehen in 10-Sekunden-Intervalle aufzulösen, um einen Eindruck von der irregulären Ordnung des Interaktionsprozesses zu bekommen. Auf einer gröberen zeitlichen Auflösungsebene (z.B. Therapiestunden) stellt sich der Eindruck des Chaos durchaus nicht ein: wir haben ja nur 13 Stück davon. Es erfordert also eine geeignete Passung zwischen dem System und dem Erfassungsinstrument, bzw. zwischen der Beobachtungsebene und der Beobachtungsfrequenz: die Quantelung der Analyse muß die Eigenfrequenz des Phänomens treffen. Diese liegt z.B. für Spannungs- oder Magnetfeldschwankungen im Gehirn (z.B. EEG, MEG) in der Größenordnung von Mikrosekunden, für die Untersuchung der Generationsabfolgen vieler Säugetierarten in der Größenordnung eines Jahres, und für die menschliche Zeitwahrnehmung bei der Kommunikationsgestaltung in Alltagssituationen in der Größenordnung einiger Sekunden.

Der Begriff des Chaos verbindet sich in der Theorie dynamischer Systeme meist weniger mit qualitativen, sondern mit quantitativen Prozessen. Wir werden daher im folgenden von nominalen Abfolgern (z.B. der Partiturdarstellung in Abb. 1) zur Darstellung von Zeitreihen übergehen. Die Methodik der Sequentiellen Plananalyse macht es möglich, zumindest für die Ebene der übergeordneten Selbstdarstellungskategorien deren Intensitätsveränderung über die Zeit zu erfassen. Wie dies methodisch realisiert wird (angefangen von einem Rating aller Operatoren über die hierarchische Zuordnung von Operatoren zu Unterplänen, von Unterplänen zu Oberplänen und von Oberplänen zu generellen Selbstdarstellungskategorien), ist ausführlich in Teil I dieser Arbeit beschrieben (s. dort die Abb. 4 und 5, vgl. auch Richter et al., 1995). Die Oberpläne der Klientin (K) wurden zu drei, die des Therapeuten (T) zu vier Selbstdarstellungskategorien zusammengefaßt:

- T I: „Vertrauen, Sicherheit vermitteln“
 T II: „Konfrontation, Verunsicherung“
 T III: „Eigenverantwortlichkeit der Klientin fördern“
 T IV: „Aktive, strukturierende therapeutische Arbeit“
 K I: „Suche nach Zuwendung / Anerkennung / guter Beziehung“
 K II: „Externalisation / Hilflosigkeit demonstrieren“
 K III: „Problembearbeitung (Selbstöffnung vs. Vermeidung)“

Die zeitliche Entwicklung dieser Selbstdarstellungskategorien ist in Abbildung 4 zu sehen. Die Länge der Zeitreihen beträgt $N = 3450$, was dadurch zustandekommt, daß alle 13 Therapiesitzungen aneinandergelängt, jedoch die Rückmeldephasen (Übermittlung von Komplimenten und Empfehlungen nach der Konsultation mit dem Team) aufgrund ihrer abweichenden Kommunikationsstruktur herausgeschnitten wurden. In der Zeitreihe K III „Problembearbeitung (Selbstöffnung vs. Vermeidung)“ kommen als einziger auch negative Werte vor, da sie auf der Differenz zwischen den Zeitreihen der Oberpläne „Zeige Interesse und Bereitschaft, an der Lösung Deiner Probleme zu arbeiten“ und „Schütze Dich vor bedrohlichen Veränderungen“ beruht. Alle

anderen Selbstdarstellungs-Zeitreihen wurden ausschließlich mittels additiver Zusammenfassungen generiert, so daß nur Werte größer Null möglich sind. Die Zeitreihe T II „Konfrontation, Verunsicherung“ weist plausiblerweise Lücken auf, da der Therapeut nicht ständig konfrontiert, sondern konfrontierende und verunsichernde Botschaften nur punktuell sendet.

Mit diesem Bild irregulärer Zeitreihen vor Augen können wir uns nun mit der Vorstellung vertraut machen, daß der Begriff des Chaos eine bemerkenswerte Chance beinhaltet. Es ist die Chance, uns dem wilden Flackern und Zucken dynamischer Prozesse nicht einfach hilflos zu überlassen, sondern zumindest ansatzweise etwas von deren innerer Ordnung zu verstehen. Chaotische Dynamik läßt sich durch folgende Merkmale charakterisieren:

1. Das Systemverhalten ist nur sehr begrenzt vorhersehbar. Dies hat seinen Grund in seiner sensiblen Abhängigkeit von den Ausgangsbedingungen bzw. von minimalen „Störeinflüssen“ oder Interventionen von Seiten der Umwelt (sog. „Schmetterlingseffekt“, Abb. 5 und 7).

2. Chaotische Dynamik sieht zwar mehr oder weniger irregulär aus, folgt aber dennoch einer inneren Ordnung: sie bewegt sich innerhalb eines bevorzugten („attraktiven“) Einzugsbereichs (im Phasenraum), der im Falle des Chaos Gestaltmerkmale aufweist, die ihm den Namen „seltsamer Attraktor“ eingebracht haben.

3. Eines dieser Merkmale besteht darin, daß ähnliche Systemverhaltensweisen mit der Zeit immer unähnlicher werden, und unähnliche immer ähnlicher. Es findet also eine Art Knet- oder Mischvorgang statt, innerhalb dessen Divergenz- und Konvergenztendenzen zusammenwirken (Abb. 6 und 7). Das Prinzip der „starken Kausalität“, das eine annähernde Parallelentwicklung von Systemzuständen über die Zeit voraussetzen würde (ähnliche Ursachen führen zu ähnlichen Wirkungen), gilt daher nicht.

4. Die meisten lebenden chaotischen Systeme sind dissipativ und erzeugen Attraktoren von fraktaler Dimensionalität. Dies bedeutet, daß sie den ihnen „eigentlich“ zur Verfügung stehenden Raum, dessen Dimensionen sich aus der Anzahl der im System zusammenwirkenden (unabhängigen) Faktoren ergeben, nicht ausnützen. Vielmehr zieht sich das Systemverhalten auf einen wohlgeformten Teilbereich zusammen, der eine nicht-ganzzahlige oder fraktale Dimensionalität aufweist. Ein weiteres Merkmal sog. „Fraktale“ besteht darin, daß sie auf unterschiedlichen Größenordnungen ähnliche Formen bzw. Muster realisieren (sog. „Selbstähnlichkeit“)⁴.

5. Chaos unterscheidet sich von weißem Rauschen (Zufall) und anderen stochastischen Prozessen ebenso

⁴ Da sich unsere an der euklidischen Geometrie geschulte Vorstellung mit gebrochen-dimensionalen, fraktalen Gebilden – also z.B. mit solchen, die irgendwo zwischen einer zweidimensionalen Fläche und einem dreidimensionalen Raum angesiedelt sind – schwer tut, muß zum näheren Verständnis auf die einschlägige Literatur verwiesen werden (z.B. Mandelbrot, 1987; Peitgen et al., 1992; Schuster, 1994).

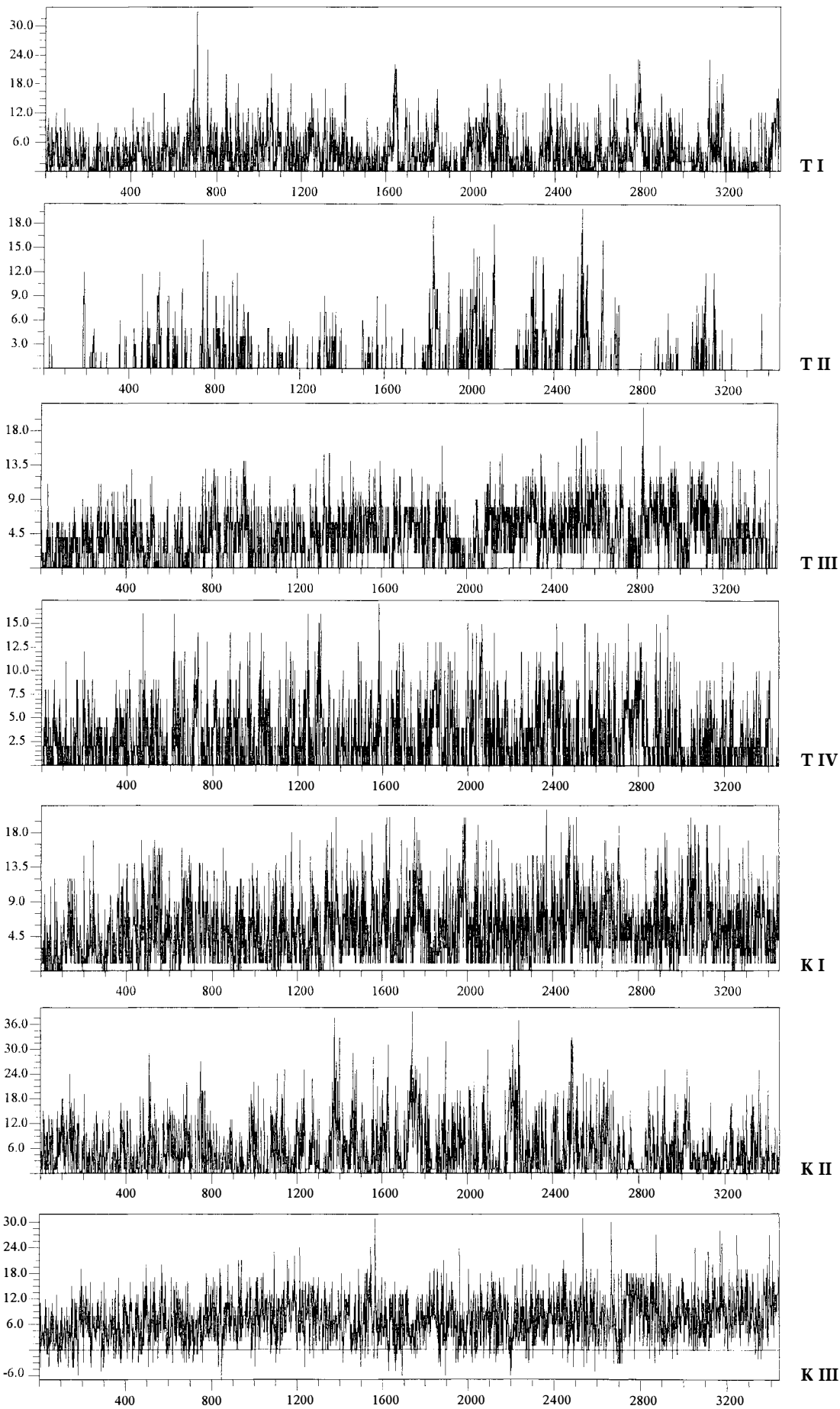


Abb. 4. Die zeitliche Entwicklung der Selbstdarstellungskategorien des Therapeuten (oben: T I bis T IV) und der Klientin (unten K I bis K III)

wie von periodischen Prozessen. „Von außen“ bzw. mit bloßem Auge ist dieser Unterschied jedoch kaum zu erkennen, weshalb zahlreiche mathematische Identifikationsverfahren für chaotische Zeitreihen entwickelt wurden (s. Schuster, 1994; Buzug, 1994; Loistl und Betz, 1994; Elbert et al., 1994; Schiepek und Strunk, 1994). Beispielsweise kann eine additive Überlagerung einfacher periodischer Schwingungen schon sehr irregulär aussehen, ohne daß es sich im eigentlichen Sinne um Chaos handeln würde. Neben dem Konzept der starken Kausalität gilt somit auch ein anderes zentrales Beschreibungskonzept linearer Vorgänge nicht, nämlich das der Superponierbarkeit von Lösungen (s. Buzug, 1994, S. 5).

6. Chaotisches Verhalten kommt nicht durch vielfältigen und irregulären Umwelteinput zustande, son-

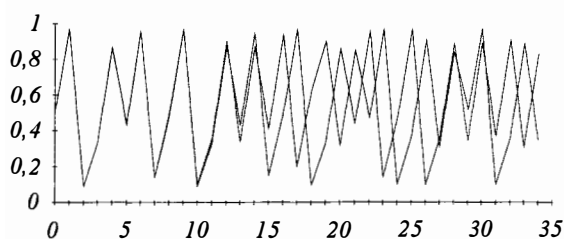


Abb. 5. Demonstration des „Schmetterlingseffekts“: Die beiden Zeitreihen werden vom gleichen System (sog. Verhulst-Dynamik) erzeugt, jedoch mit einem minimalen Ausgangsunterschied gestartet (der Unterschied beträgt nur 0,005). Nach 15 Iterationen verlaufen beide Zeitreihen völlig verschiedenartig

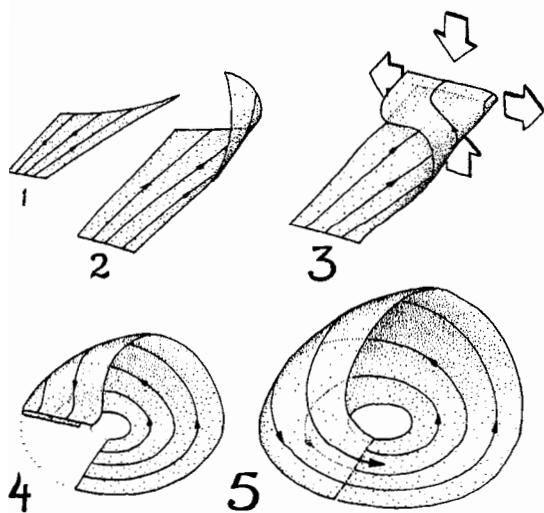


Abb. 6. Prozesse der Streckung und Faltung wirken zusammen, um einen „seltsamen Attraktor“ (hier von der Form des „Rössler-Attraktors“) zu erzeugen. Das Ausmaß der exponentiellen Divergenz der eingezeichneten Entwicklungslinien bestimmt den Grad der Nichtvorhersehbarkeit des Systemverhaltens. Es wird durch sog. positive Lyapunov-Exponenten ausgedrückt. Die Konvergenz der Entwicklungslinien (Trajektorien) zeigt sich an negativen Lyapunov-Exponenten. In der Summe sind alle Lyapunov-Exponenten (einer für jede Dimension des Phasenraums) aber kleiner Null (Dissipations-Eigenschaft), sonst würde der Attraktor nicht zusammengehalten (Abbildung aus: Abraham und Shaw, 1984, S. 115 f)

dem wird vom jeweiligen System selbst erzeugt. *Chaos ist also selbstorganisiertes Chaos*. Voraussetzung hierfür ist, daß es sich um operativ geschlossene, *kreis-kausale* Systeme handelt.

7. Chaos ist im mathematischen Idealfall das Produkt deterministischer Prozesse. Der Hinweis auf den deterministischen Ursprung des Chaos galt lange Zeit als erhebliche Provokation, brachte man doch Irregularität und Unvorhersehbarkeit bislang nur mit Unwissenheit, Zufall oder ungenauen Messungen in Verbin-

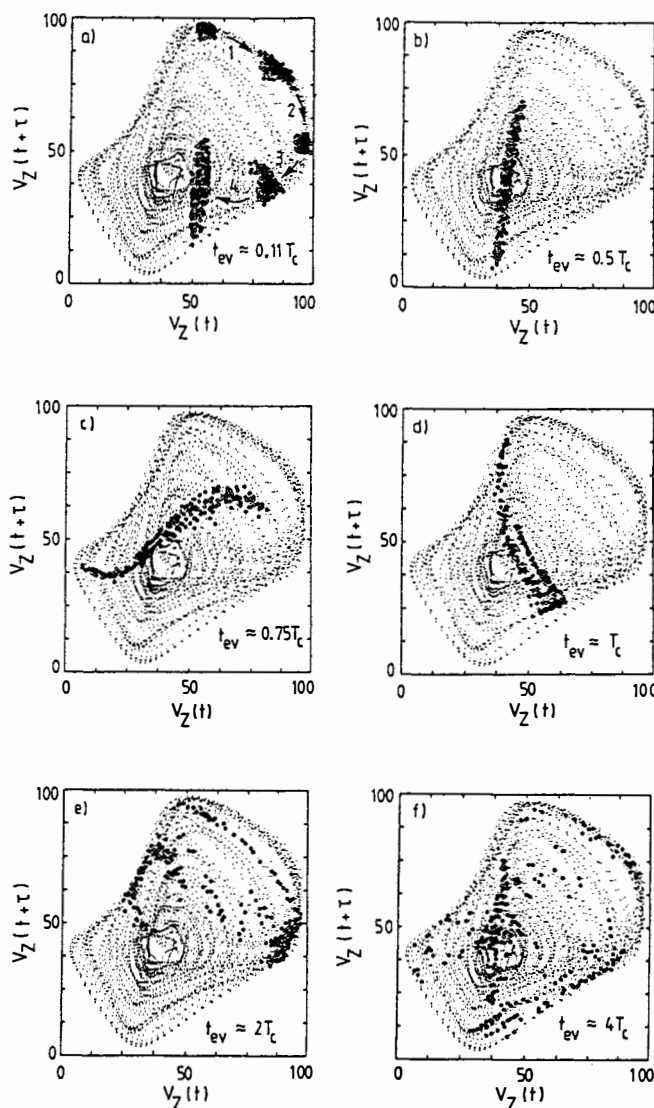


Abb. 7. Rekonstruktion eines seltsamen Attraktors. Demonstriert wird die zeitliche Entwicklung zunächst eng benachbarter Startpunkte, um die Wirkung des sog. „Schmetterlingseffekts“ zu verdeutlichen. Die anfängliche Divergenz der Punkte wird durch die Begrenztheit des Attraktors wieder „eingefangen“. Durch dieses Zusammenwirken von Streckung und Faltung wirkt ein seltsamer Attraktor wie eine Teigmischmaschine. Es handelt sich hier um einen empirisch gewonnenen Attraktor aus einem physikalischen Experiment zur Strömungsdynamik (Taylor-Couette-Instabilität). V_z ist der Ordnungsparameter des Systems, nämlich eine bestimmte Komponente der Strömungsgeschwindigkeit (aus Buzug, 1994, S. 39). Die Rekonstruktion erfolgte mit Hilfe der Methode der Zeitverzögerungskordinaten $V_z(t)$, $V_z(t + \tau)$ (Erklärung siehe unten, Kap. 3)

dung. Für empirische Systeme kann man allerdings tatsächlich davon ausgehen, daß sich deterministische und stochastische Prozesse kombinieren. Dies geschieht allein schon dann, wenn ein deterministisches Signal vom Rauschen der Meßgenauigkeit überlagert wird.

8. Deterministisches Chaos läßt sich durch rekursiv angelegte, gekoppelte mathematische Gleichungen erzeugen (im einfachsten Fall bereits durch eine einzige diskrete Abbildungsvorschrift, z.B. die Verhulst-Dynamik). Chaos entfaltet sich also *iterativ* in der Zeit und setzt daher grundsätzlich eine dynamische Betrachtungsweise voraus.

9. Empirische oder mathematische Systeme (z.B. Gleichungen bzw. Gleichungssysteme) können chaotisches Verhalten realisieren, wenn sie (a) mindestens einen nichtlinearen Funktionsmodus bzw. Term enthalten und (b) gemischte (also positive und negative) Feedbackprozesse vorsehen (vgl. an der Heiden und Mackey, 1987). Wie in allen natürlichen Systemen, müssen Aufbau- und Abbauprozesse zusammenwirken; reine Teufelskreise (z.B. Wachstumsspiralen) erzeugen kein Chaos. Dem Strukturmerkmal des gemischten Feedbacks entspricht das oben in Punkt 3 erwähnte Zusammenwirken von exponentieller Divergenz und Konvergenz des Systemverhaltens in seltsamen Attraktoren.

10. Selbstorganisierende, dissipative, nichtlineare dynamische Systeme sind *chaosfähig*. Sie können Chaos erzeugen, müssen aber nicht, d.h. es stehen ihnen auch noch andere, reguläre Verhaltensweisen zur Verfügung. Die Realisation von Chaos ist an bestimmte Randbedingungen (z.B. Kontrollparameter-Werte) gebunden.

11. Eine dieser Randbedingungen besteht – inhaltlich gesehen – im Energetisierungsgrad des jeweiligen Systems. Ein System muß angeregt bzw. aus dem thermodynamischen und energetischen Gleichgewicht ausgelenkt (also z.B. hinreichend mit Energie versorgt) werden, damit es sich chaotisch verhält – was für viele physikalische und physiologische Systeme unmittelbar einleuchtend ist. Für psychologische Systeme könnte man vielleicht von einer Bedingung des *motivationalen* Ungleichgewichts sprechen. Psychotherapeutische Prozesse beispielsweise sind auf die innere Veränderungsmotivation eines Klienten angewiesen, welche aber ihrerseits wiederum durch diesen Prozeß aktiviert werden kann. Die Energetisierung kommt hier also nicht (nur) von außen, sondern (vor allem) von innen.

3. Die Identifikation des Chaos in empirischen Zeitreihen

Der Nachweis chaotischer Dynamik in empirischen Zeitreihen durchläuft verschiedene Stufen. Zunächst muß eine Zeitreihe natürlich schon per Augenschein *irreguläres Verhalten* zeigen. Bewegt sich das Verhalten eines Systems z.B. auf einen konstanten Wert hin (Fixpunktattraktor) oder oszilliert regelmäßig, wird es sich wohl kaum um Chaos handeln.

Verschiebt man eine Zeitreihe gegen sich selbst und berechnet mit wachsendem Verschiebungsabstand die

Korrelationen der Zeitreihe mit sich selbst, so resultiert daraus die sog. *Autokorrelationsfunktion (ACF)*. Diese sinkt bei chaotischen Zeitreihen mehr oder weniger rasch ab (vgl. Abb. 8). Ein derartiges Verhalten der ACF ist allerdings auch bei stochastischen Prozessen zu erkennen, weshalb damit eine Unterscheidung zwischen deterministischem Chaos und Zufall nicht eindeutig möglich ist. Ein reiner Zufallsprozeß würde jedoch bereits bei einer Zeitverzögerung von $\tau = 1$, also schlagartig zu einem Zerfall der Autokorrelation führen, da zufällig erzeugte Werte untereinander gänzlich unkorreliert sind. Den optischen Eindruck, daß die Autokorrelationen in Abb. 8 mit zunehmender Zeitverzögerung wieder ansteigen, würde man vielleicht gerne dahingehend interpretieren, daß weit auseinanderliegende Interaktionszeitpunkte (z.B. Anfang und Ende einer Therapiesitzung⁵) wieder beginnen, sich aufeinander zu beziehen. Doch sind die Größenordnungen des Korrelationszuwachses so gering, daß eine solche Interpretation kaum möglich ist.

Untersucht man z.B. mittels *Spektralanalyse*, wie viele unabhängige Frequenzen in einer chaotischen Zeitreihe enthalten sind, so findet man meistens sehr viele. Das sog. Power-Spektrum ist breit, es gibt keine dominierenden Frequenzen (s. Abb. 9). Damit läßt sich Chaos klar von periodischen Dynamiken unterscheiden, selbst wenn diese in komplexer Weise von mehreren, sich überlagernden Frequenzen erzeugt werden. Doch sind breite Power-Spektren wiederum nicht geeignet, Chaos von Zufall abzugrenzen, da auch ungefiltertes Rauschen bekanntermaßen sehr viele Frequenzen enthält.

Auf einen Versuch, unsere sequentiellen Planaktivierungsmuster von rein zufälligen Mustern abzugrenzen, sind wir oben in Kapitel 1 bereits eingegangen. Für quantitative Zeitreihen wurden in der Chaosforschung eine Reihe von Kenngrößen⁶ entwickelt, um zwischen deterministischem Chaos und Zufall zu unterscheiden (s. Schuster, 1994; Loistl und Betz, 1994; Buzug, 1994; Elbert et al., 1994; Schiepek und Strunk, 1994), z.B.:

- das *direkte Determiniertheitsmaß* nach Kaplan und Glass (1992; vgl. auch Mühlnickel et al., 1994), welches auf der Gleichrichtung des Trajektorienflusses deterministischer Systeme in kleinen Teilvolumina des Phasenraums beruht;
- *nichtlineare Vorhersagealgorithmen*, welche die zeitlich begrenzte Vorhersehbarkeit chaotischer Dy-

⁵ Die Dauer der Sitzungen beträgt jeweils zwischen 240 und 350 Meßzeitpunkten.

⁶ Von vielen Autoren wird betont, daß (a) derartige Kennwerte nicht absolut, sondern nur relativ, d.h. in bezug auf andere Systemdynamiken (s. Abb. 13) interpretiert werden dürfen, (b) statistisch abgesichert werden sollten, (c) auf ihre Robustheit gegenüber überlagerten Rauschanteilen zu prüfen sind und (d) gegenüber Surrogatdaten getestet werden sollten. Surrogatdaten sind künstlich erzeugte Daten, die der zu testenden Zeitreihe in vieler Hinsicht ähnlich sind (z.B. in Mittelwert und Varianz), sich aber nicht oder anders chaotisch verhalten. Eine Möglichkeit, Surrogatdaten zu erzeugen, besteht darin, die Meßwerte einer Zeitreihe in zufälliger Weise durcheinanderzuwürfeln.

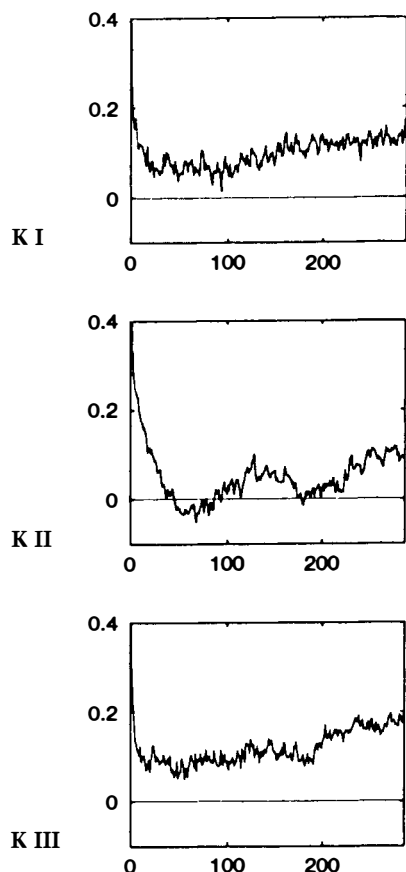


Abb. 8. Autokorrelationsfunktionen der in Abb. 4 dargestellten Zeitreihen der Klientin (K I, K II, K III). Auf der Abszisse ist der Grad der Zeitverzögerung aufgetragen, mit der die Zeitreihen gegen sich selbst verschoben wurden. Die Ordinate zeigt die Ausprägung der jeweils zugehörigen Korrelationen

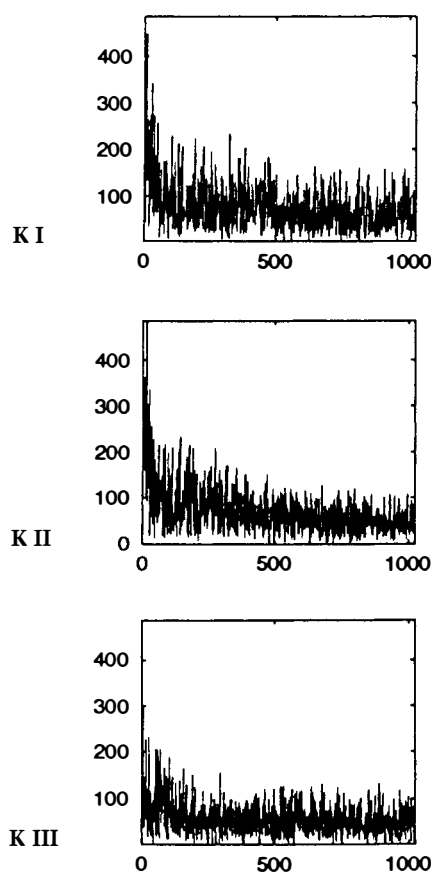


Abb. 9. Die breitbandigen Power-Spektren (Fast-Fourier-Transformation) der in Abb. 4 dargestellten Zeitreihen der Klientin (K I, K II, K III)

- namik sichtbar macht (vgl. Scheier und Tschacher, 1994);
- Schätzungen der *fraktalen Dimensionalität* eines Attraktors (D0: Kapazitätsdimension, D1: Informationsdimension, D2: Korrelationsdimension). Im Falle deterministisch-chaotischer Dynamik konvergiert die Dimensionalitätsberechnung (z.B. der bekannte Grassberger-Procaccia-Algorithmus der D2-Berechnung) auf einen bestimmten (nicht-ganzzahligen) Wert, im Falle puren Zufallsrauschens nicht: es füllt alle angebotenen Einbettungsräume aus;
 - *Entropiemaße*, welche den Informationsverlust und den Grad der Nichtvorhersehbarkeit im Fluß eines dynamischen Systems beschreiben: Zufall ist überhaupt nicht vorhersehbar – wir können mit der Information, die wir über die bisherige Entwicklung des Systems haben, schon am nächsten Meßzeitpunkt gar nichts mehr anfangen; eine streng periodische Entwicklung, z.B. eine Sinusschwingung ist, wenn wir ihre „Geschichte“ kennen, optimal vorhersehbar, d.h. wir verlieren keine Information; Chaos liegt irgendwo dazwischen.
 - Das Spektrum der *Lyapunov-Exponenten*, auf das wir im folgenden näher eingehen werden.

Die Berechnung des Spektrums der Lyapunov-Exponenten gilt als zentraler Schritt bei der Analyse chaoti-

scher Systeme, da sich damit der Grad der Nichtvorhersehbarkeit einer Dynamik bestimmen läßt: Lyapunov-Exponenten messen den „Schmetterlingseffekt“. Ihre Bestimmung beruht ebenso wie die Anwendung der meisten anderen nichtlinearen Analysemethoden auf der Möglichkeit, Zeitreihen in einen Phasenraum „einzubetten“. Ließe sich z.B. jede unserer sieben Quasi-Zeitreihen als unabhängige Dimension eines 7-dimensionalen Hyperraumes auffassen, könnte man das gesamte System in einen einzigen Phasenraum einbetten. Da wir aber die Anzahl der unabhängigen Dimensionen dieses empirischen Systems nicht kennen, behelfen wir uns mit einem Kunstgriff, der auf einem genialen mathematischen Nachweis beruht: Packard und Takens (Packard et al., 1980; Takens, 1981) konnten zeigen, daß man die „chaotischen“ Eigenschaften eines Systems erschließen kann, auch wenn man nur eine Variable (bzw. Zeitreihe) eines Mehr-Variablen-Systems erfaßt hat. Der eindimensionale Schatten eines mehrdimensionalen Systems erlaubt es also bereits, über dessen Gestalt Aussagen zu machen (vgl. Kriz, 1992). Bettet man diese eine Zeitreihe in Zeitverzögerungs-Koordinaten ein und erzeugt somit einen Quasi-Attraktor, so hat dieser dieselben topologischen Eigenschaften wie der „wahre“ Attraktor des Systems, der in einen Phasenraum eingebettet ist, wie er von den tatsächlichen unabhängigen Dimensionen des Systems aufge-

spannt wird. Zeitverzögerungs-Koordinaten erhält man ganz einfach dadurch, daß man auf einer Achse den Wert einer Zeitreihe zum Zeitpunkt t , auf der zweiten Achse den Wert zu einem späteren Zeitpunkt $t + \tau$, auf der dritten Achse den Wert zu einem noch späteren Zeitpunkt $t + 2\tau$ aufträgt, und so weiter. Abbildung 10 illustriert dieses Prinzip. τ bezeichnet dabei eine bestimmte Zeitverzögerung, zu deren Bestimmung es mehrere Algorithmen gibt (s. Buzug 1994). Dieses Verfahren, Zeitreihen in Zeitverzögerungskordinaten einzubetten und über die Untersuchung der daraus resultierenden „Quasi-Attraktoren“ Aussagen über das diese Zeitreihen erzeugende System zu machen, bedeutet für die empirische Forschung einen großen Vorteil. Es erlaubt, unbekannte Systeme näher zu charakterisieren, auch wenn man davon nur eine einzige Zeitreihe gemessen hat (vgl. ausführlich Kriz, 1992; Elbert et al., 1994; Schiepek und Strunk, 1994).

Auf der Grundlage dieses Prinzips können wir jede unserer sieben Quasi-Zeitreihen in Form eines Attraktors darstellen, wie dies Abb. 10 an einem Beispiel zeigt. Interessant wäre es nun zu wissen, ob wir auch in diesen empirischen Gebilden, die alle nicht so schön glatt aussehen wie die Attraktoren mathematischer Modellsysteme, die Eigenschaften des Chaos entdecken können.

Als eine dieser Eigenschaften hatten wir den sogenannten „Schmetterlings-Effekt“ kennengelernt, der sich als exponentielle Divergenz kurzfristig nahe beieinander liegender Trajektorien im Attraktor manifestiert (vgl. Abb. 5–7). Zur Überprüfung dieses Effekts gibt es die Möglichkeit, das sog. „Spektrum der Lyapunov-Exponenten“ zu berechnen, wobei für jede Richtung des Phasenraums ein Exponent bestimmt wird. Exponenten größer Null weisen auf den Schmetterlings-Effekt hin, also auf das exponentielle Auseinanderstreben benachbarter Trajektorien (Abb. 11).

Damit wird ausgedrückt, wie *wenig* die Kenntnis eines bestimmten Trajektorienverlaufs zur Vorhersage beiträgt. Auch wenn man weiß, wie sich das System in einem ähnlichen Fall verhalten hat, läßt es sich nicht prognostizieren. Das Vorzeichen (> 0) und die Größe der Lyapunov-Exponenten können somit als Maß für die Nichtvorhersehbarkeit eines Prozesses dienen. Ein negativer Lyapunov-Exponent dagegen zeigt an, daß die Trajektorien in der jeweiligen Richtung exponentiell konvergieren, also zusammenlaufen. Ein Fixpunkt-Attraktor beispielsweise, bei dem alle möglichen Systemzustände letztlich in stabiler Unbeweglichkeit enden, weist nur negative Lyapunov-Exponenten auf. Anschaulich kann man sich diesen Fall an einem natürlichen, durch die Reibung gebremsten Pendel vorstellen: Egal wie weit man es auslenkt, es wird immer in einer stabilen, senkrechten Ruhelage zu stehen kommen. Dies ist das glatte Gegenteil eines chaotischen, aber auch eines lernfähigen Systems: Unabhängig davon, welche Impulse das System aus der Umgebung erhält – sie bleiben letztlich irrelevant, das Systemverhalten ist trivial und vorhersehbar. Lyapunov-Exponenten gleich Null schließlich zeigen an, daß Trajektorien in eine bestimmte Richtung parallel laufen. Eine eingeführte Störung $\vec{\epsilon}$ verschwindet weder ($\lambda < 0$) noch nimmt sie zu ($\lambda > 0$), sondern bleibt konstant erhalten. Zur

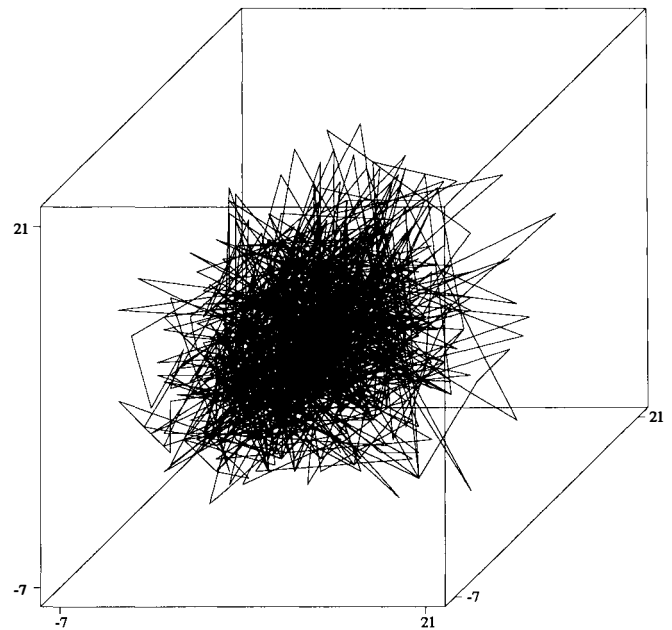


Abb. 10. Einbettung von 1000 Meßzeitpunkten der Zeitreihe K III (s. Abb. 4) in einen dreidimensionalen Ersatz-Phasenraum. Dieser Ersatz-Phasenraum wird von Zeitverzögerungskordinaten aufgespannt, wobei hier $\tau = 11$ (erstes Minimum der Autokorrelationsfunktion) gewählt wurde

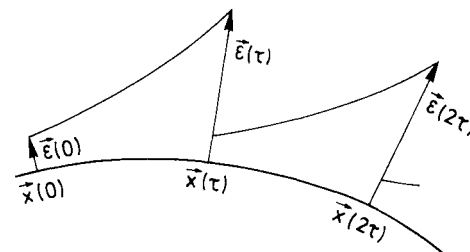


Abb. 11. Die exponentielle Divergenz von Trajektorienverläufen. Die Berechnung von Lyapunov-Exponenten beruht darauf, wiederholt die Entwicklung benachbarter Trajektorien zu vergleichen und über viele solcher Vergleiche in einem Attraktor zu mitteln (vgl. Loistl und Betz, 1994; Buzug, 1994; Abb. aus Schuster, 1994)

Veranschaulichung: Der Attraktor eines regelmäßig schwingenden, z.B. von einer Feder angetriebenen Pendels hat die Form einer Ellipse. Der zweidimensionale Phasenraum wird dabei von Impuls (bzw. Geschwindigkeit) und Ort aufgespannt. Wird nun das Pendel zu einer größeren Schwingungsamplitude ausgelenkt und durch den Antrieb mit dieser Amplitude in Schwingung gehalten, hat der Attraktor natürlich wieder die Form einer Ellipse, nur diesmal mit größerem Durchmesser. Beide Ellipsen laufen parallel.

Soweit ein kurzer Exkurs zum Verständnis von Lyapunov-Exponenten, wobei für mathematische Details und Berechnungsverfahren auf die Originalliteratur zu verweisen ist (z.B. Loiste und Betz, 1994; Schuster, 1994; Wolf et al., 1985; Sato et al., 1987). Aus unserer bisherigen Vorstellung über seltsame Attraktoren, daß diese nämlich als Produkt vielfacher Dehnungs- und Faltungsvorgänge verstehbar sind (s. Abb. 6), läßt sich

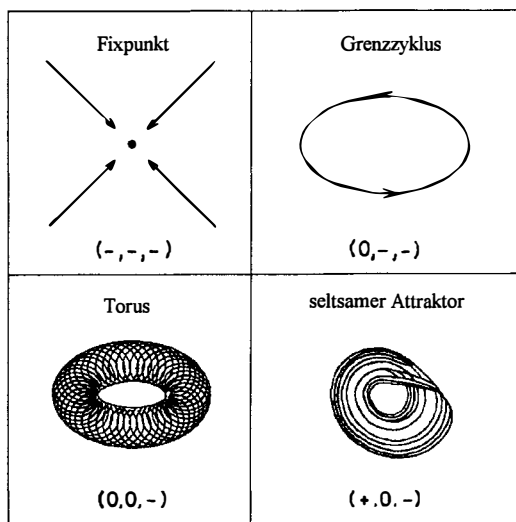


Abb. 12. Vier grundlegende Attraktor-Typen im dreidimensionalen Raum. Der seltsame Attraktor (rechts unten) entspricht der Form des Rössler-Attraktors, den wir bereits in Abb. 6 kennengelernt haben. In Klammern sind die Vorzeichen der zu den drei Raumdimensionen korrespondierenden Lyapunov-Exponenten angegeben (aus Schuster, 1994, S. 139). Erst bei einem „seltsamen Attraktor“ tritt ein positiver Exponent auf

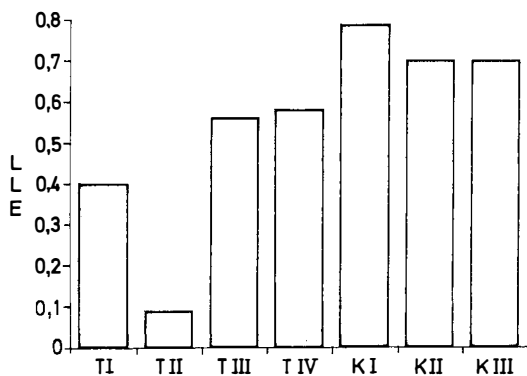


Abb. 13. Die größten Lyapunov-Exponenten (LLE) der Selbstdarstellungszeitreihen von Abb. 4. Therapeut: T I bis T IV, Klientin K I bis K III

leicht nachvollziehen, warum chaotische Dynamiken positive und negative Lyapunov-Exponenten kombinieren: ohne Konvergenz kein Attraktor (man würde dann von einem Repellor sprechen) und ohne Divergenz kein Chaos. Tatsächlich vereinigen seltsame Attraktoren mindestens einen negativen, mindestens einen positiven und einen Exponenten gleich Null, im einfachsten (dreidimensionalen) Fall also: +, 0, - (Abb. 12).

Die Analyse der in Zeitverzögerungs-Koordinaten eingebetteten Attraktoren unserer sieben Quasi-Zeitreihen ergibt für alle mindestens einen positiven Lyapunov-Exponenten (berechnet nach dem Algorithmus nach Sato et al., 1987; s. ausführlich Schiepek et al., 1994). Da der jeweils größte Lyapunov-Exponent eines Attraktors (Largest Lyapunov Exponent, LLE) als Maß für dessen Chaotizität bzw. Nicht-Vorhersehbarkeit gelten kann, interessiert man sich hauptsächlich für diesen. Die LLE-Werte der sieben Selbstdarstellungs-

kategorien ordnen sich wie folgt: K I (0.79) > K II und K III (beide 0.70) > T IV (0.58) > T III (0.56) > T I (0.40) > T II (0.09) (s. Abb. 13). Das „Verhalten“ der Klientin ist demnach also unvorhersehbarer bzw. inputsensibler als das des Therapeuten. Betrachtet man chaotische Systeme als informationsverarbeitende Systeme, könnte die höhere Chaotizität im Verhalten der Klientin für eine im Vergleich zum Therapeuten höhere Lern- bzw. Veränderungsbereitschaft sprechen. Dies ist natürlich für psychotherapeutische Interaktionen ein erwartbarer Befund, steht doch primär das Verhalten und Erleben der Klientin zur Veränderung an.

4. Nichtstationäre Entwicklungen

Die bisher genannten Verfahren der nichtlinearen Zeitreihenanalyse betrachten die aus den Zeitreihen rekonstruierten Quasi-Attraktoren als homogene Gebilde. Sie tun so, als ob sich ihre Entropie oder ihre dimensionale Komplexität (erfaßt mittels Schätzmethoden der fraktalen Dimensionalität: D0, D1, D2) oder ihr Vorhersagehorizont über die Zeit hinweg nicht ändern würden. Auch die eben beschriebenen Lyapunov-Exponenten (Maße des Vorhersagehorizonts) charakterisieren die jeweilige Zeitreihe als ganze. Der Berechnungsalgorithmus nach Sato et al. (1987) wählt eng benachbarte Trajektorien im Attraktor und verfolgt deren Divergenz, um sich nach einer gewissen Entwicklungszeit einen neuen Startpunkt (nahe der Referenztrajektorie) zu suchen, usw. (vgl. Abb. 11). Die auf diese Weise gewonnenen Divergenzwerte konvergieren bei hinreichend häufiger Wiederholung dieser Prozedur auf einen konstanten Wert. Dieser Wert (eben der größte positive Lyapunov-Exponent) bezeichnet so etwas wie eine durchschnittliche Chaotizität oder eine mittlere „Schmetterlings-Effekt-Stärke“ des gesamten Quasi-Attraktors.

Speziell bei der Analyse lebender Systeme mag eine solche zeitliche Homogenitätsannahme aber problematisch erscheinen. Wo entsprechende Daten überhaupt verfügbar sind, zeigt sich, daß biologische und psychologische Prozesse nicht stationär sind. Dies bedeutet, daß sich nicht nur die Meßwerte selbst über die Zeit hinweg verändern, sondern daß auch die zugrunde liegende Struktur, die „Ordnung des Chaos“ einer Veränderung unterliegt. Dies bedeutet, daß wir Attraktoren nicht als homogene, sondern als inhomogene, zeitlich variante Strukturen zu betrachten haben. Für psychotherapeutische Prozesse mag dies unmittelbar einsichtig sein, da sich nicht nur die beobachtbare Interaktion zwischen Therapeut/in und Klient/in verändert, sondern auch die „Tiefenstruktur“ bzw. die Gestaltmerkmale der Beziehung. Geeignete nichtlineare Analyseverfahren für nichtstationäre Prozesse liegen aber erst seit neuester Zeit vor. Zur Verfügung stehen z.B.

- das *Punkt-D2* (PD2), ein dimensionales Komplexitätsmaß, welches Veränderungen der Korrelationsdimension (D2) innerhalb eines Prozesses beschreibt (Skinner et al., 1994; Elbert et al., 1994);
- ein zeitvariantes Entropiemaß, die sog. *Entropy-Rates* (Kowalik et al., 1994), und

– der *Local Largest Lyapunov Exponent (LLE)*, ein zeitvariantes Chaotizitätsmaß (Kowalik und Elbert, 1994; Kowalik et al., 1994).

Alle drei Verfahren wurden bei der Analyse unserer Zeitreihen angewandt, jedoch kann hier weder über die mathematischen Grundlagen noch über die Ergebnisse im Detail berichtet werden (s. Kowalik et al., 1994). Stattdessen wollen wir – wie bei den oben aufgezählten stationären Verfahren – lediglich eine Methode herausgreifen, um die Nichtstationarität unserer Daten zu illustrieren, nämlich hinsichtlich ihrer LLE-Chaotizität.

Das von einem der Autoren (Z. J. Kowalik) zusammen mit T. Elbert am Institut für Experimentelle Audiologie an der Universität Münster entwickelte Verfahren zur Bestimmung lokaler größter Lyapunov-Exponenten berechnet hierzu drei Größen. Erstens die lokalen (d.h. auf einen bestimmten zeitlichen Ausschnitt bezogenen) LLEs selbst und ihre Abfolge (L), zweitens die Entwicklung der über eine bestimmte Abtastbreite (d.h. ein über die Zeitreihe der LLEs geschobenes Scanning-Fenster) gemittelten LLEs (Λ) und drittens die Entwicklung der Standardabweichung σ_Λ der LLEs im jeweiligen Scanning-Fenster. Mehr noch als L hat sich in Tests mit künstlichen und empirischen Datensätzen (Kowalik und Elbert, 1994) σ_Λ als sensibles und ausgereiftes Chaotizitätsmaß erwiesen. Abbildung 14 zeigt die zeitliche Entwicklung der lokalen LLE-Standardabweichungen σ_Λ in den Therapiesitzungen 7, 8 und 9.

Wir erkennen nicht nur deutliche Veränderungen von σ_Λ in den Zeitreihen aller Selbstdarstellungskategorien (T I bis T IV, K I bis K III), sondern vor allem auch diskontinuierliche Sprünge in der Chaotizität. Bei Zeitpunkt 2000 (bzw. kurz vorher oder nachher) finden mehrere solcher Sprünge gleichzeitig, also synchronisiert statt. Dies könnte auf einen selbstorganisierten, kritischen Phasenübergang des gesamten Interaktionssystems hinweisen. Andere Sprünge dagegen finden nicht in gleicher Weise synchronisiert statt.

Bemerkenswert ist zudem, daß im Laufe der Therapie bei der Klientin relativ gesehen mehr Chaotizitätsveränderungen nach oben als nach unten stattfinden (14 nach oben, 10 nach unten) als beim Therapeuten (13 nach oben, 16 nach unten) („short term plasticity“). Auch zeigt sich, daß sowohl bei den Selbstdarstellungs-Zeitreihen der Klientin als auch bei denen des Therapeuten mehr Chaotizitätssprünge *innerhalb* der Sitzungen als von einer Sitzung zur anderen stattfinden („relative within session plasticity“) (Klientin: 17 innerhalb, 5 zwischen, Therapeut: 20 innerhalb, 15 zwischen). Innerhalb der Sitzungen gelingt es also des öfteren, die Inputsensibilität bzw. Veränderungsbereitschaft der Klientin zu steigern.

Anders als in diesem Chaotizitätsmaß finden sich in der Entwicklung der dimensional Komplexität der Zeitreihen kaum klar geschnittene diskontinuierliche

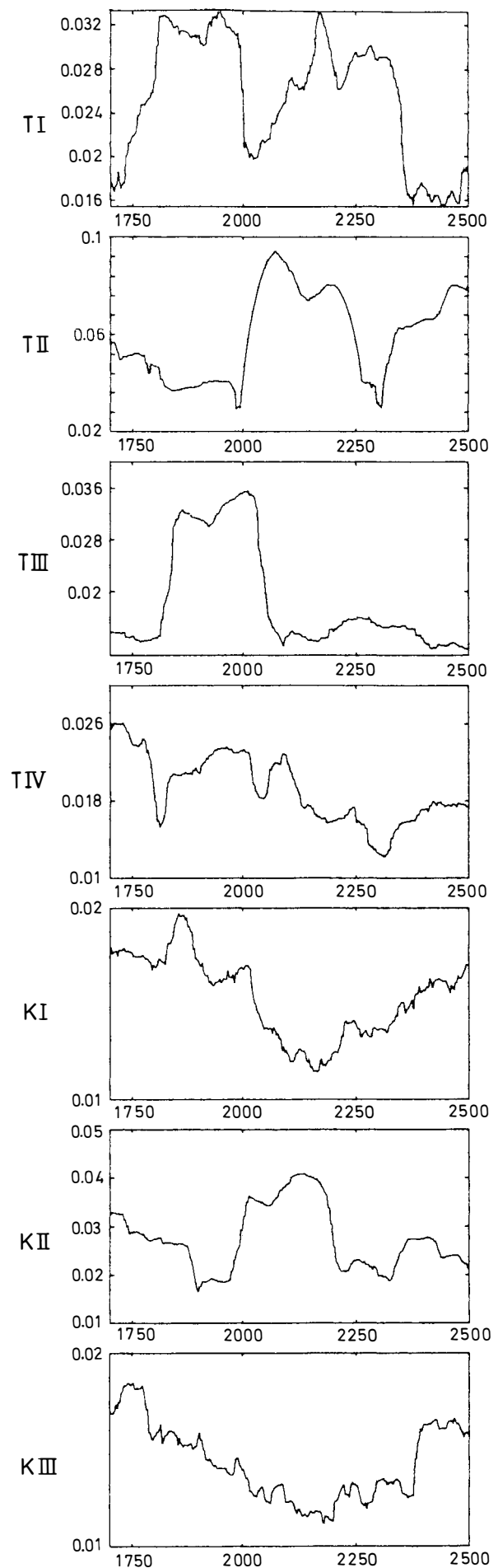


Abb. 14. Sprünge im Chaotizitätsmaß σ_Λ in den Stunden 7, 8 und 9. Etwa bei Zeittakt 2000 finden mehrere synchronisierte Übergänge statt

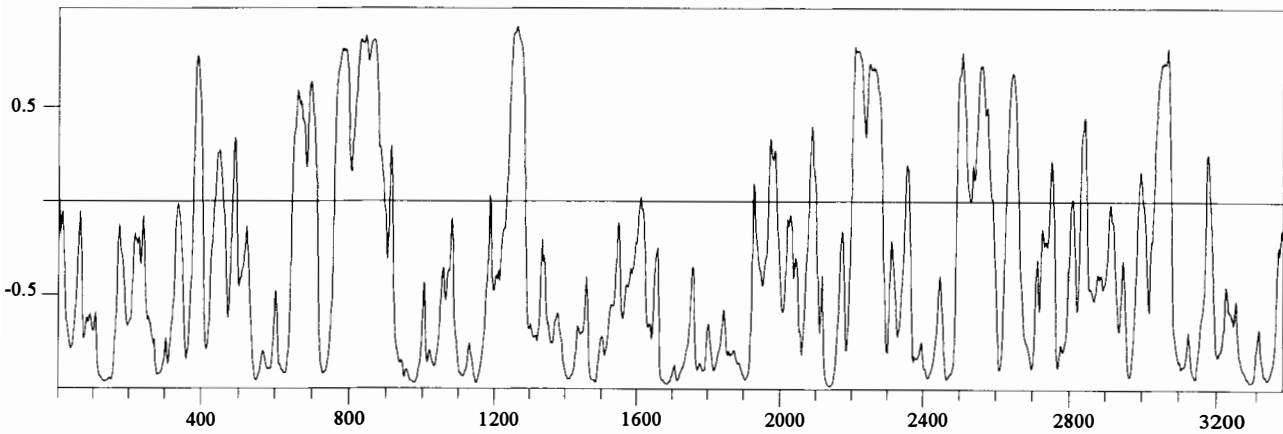


Abb. 15. Die zeitliche Entwicklung der Korrelation zwischen den Zeitreihen K II („Externalisation/Hilflosigkeit demonstrieren“) und K III („Problembearbeitung [Selbstöffnung vs. Vermeidung]“), wobei die Zeitreihen vor der Korrelation mit einem Fenster von $n = 30$ geglättet wurden

Sprünge. Doch weist die Varianz der PD2-Werte der eigenen Zeitreihen durchaus auf nichtstationäre Veränderungen der fraktalen Dimensionalität hin. In jedem Fall bestätigt das mittlere Niveau der PD2-Werte für die Klientin eine tendenziell höhere dimensionale Komplexität als für den Therapeuten ($K II [3.61] > K III [2.40] > T I [1.96] > K I [1.86] > T II [1.64] > T III [1.12] > T IV [1.00]$). Die Zeitreihen des Therapeuten (wenn man so will: sein Verhalten) sind also dimensional gesehen einfacher strukturiert als die der Klientin. Dies paßt zwar zu den oben in Kapitel 3 dargestellten LLE-Verteilungen, muß aber mit sehr großer Vorsicht interpretiert werden, da die stationären Dimensionalitätsmaße ($D0, D1, D2$) zu keiner Sättigung führten. (Umgekehrt könnte diese Nicht-Sättigung allerdings auch an der fehlenden Stationarität der Daten liegen.)

Die Tatsache jedenfalls, daß sich weder für die Verläufe von σ_Λ (bzw. Λ) noch des PD2 kritische Übergänge an den Schnittstellen zwischen den Sitzungen häufen, rechtfertigt nachträglich ein nicht unproblematisches Vorgehen, das dem kritischen Leser sicher schon aufgefallen ist. Wir hatten ja die Zeitreihen der einzelnen Sitzungen aneinandergesetzt und so getan als sei es ein Signal, das von einem durchlaufenden Prozeß generiert worden wäre. In Wirklichkeit liegen zwischen den Sitzungen aber jeweils eine bis mehrere Wochen. Korrekterweise sollten wir die in Abb. 4 gezeigten Verläufe daher nur als Quasi-Zeitreihen bezeichnen. Unser Klebverfahren wäre daher sicher stark in Zweifel zu ziehen gewesen, wären Veränderungen der Dynamik ausschließlich an den Klebestellen aufgetreten. Neben der Notwendigkeit, lange (Quasi-) Zeitreihen zur Verfügung zu haben, auch und gerade um im Sinne der Nichtstationaritäts-Hypothese zu prüfen, ob und wo Übergänge stattfinden, haben uns auch inhaltliche Überlegungen geleitet. Geht man nämlich davon aus, daß die Beziehungsqualität von Therapeut/in und Klient/in so etwas wie einen „atmosphärischen“ Attraktor darstellt, müßten beide am Beginn einer neuen Sitzung schnell wieder in diesen hineingezogen werden. Soziale Beziehungen weisen bekanntermaßen eine gewisse „Latenztoleranz“ bzw. ein Gedächtnis („socially shared memory“) auf. Sie reaktivieren sich, auch wenn sich die

Beteiligten eine gewisse Zeit lang nicht gesehen haben. Zudem ließe sich im Sinne interaktioneller Therapie-konzepte argumentieren, daß eine Veränderung der Beziehungsmuster *innerhalb* der Sitzungen als günstige Voraussetzung für veränderte psychische Verarbeitungsprozesse des Klienten/der Klientin wirkt (z.B. Horowitz, 1987; Ambühl und Doblin, 1991), die dann auch außerhalb des interaktionellen Experimentierfeldes der Therapie zum Tragen kommen können.

Die Nichtstationarität der dynamischen Struktur („changes in patterns“) einer Therapie zeigt sich übrigens nicht nur anhand nichtlinearer Analysen. Auch lineare Analysen, z.B. Korrelationsverläufe machen deutlich, daß sich der Zusammenhang bzw. die Kovariation zwischen Verhaltensweisen drastisch und sprunghaft verändern kann. Berechnet man unter Benutzung eines Abtastfensters der Breite $n = 30$ den

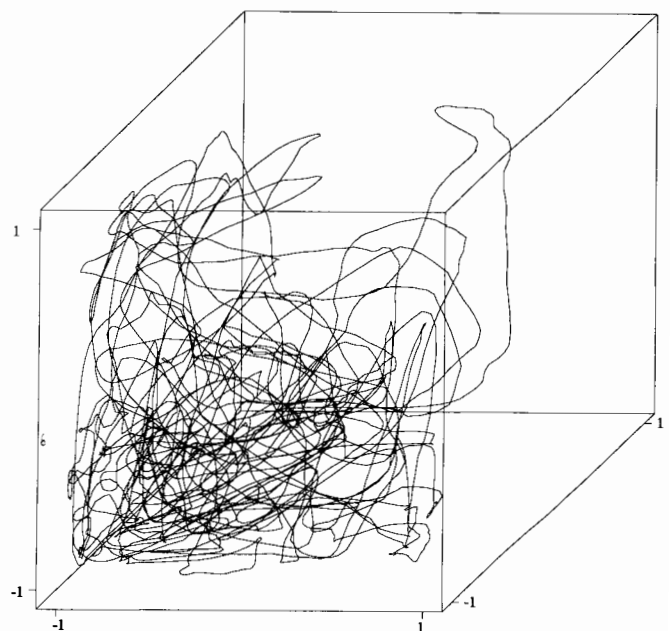


Abb. 16. Zeitverzögerungs-Einbettung des in Abb. 15 gezeigten Korrelationsverlaufs mit $\tau = 64$ (erstes Minimum der Autokorrelationsfunktion)

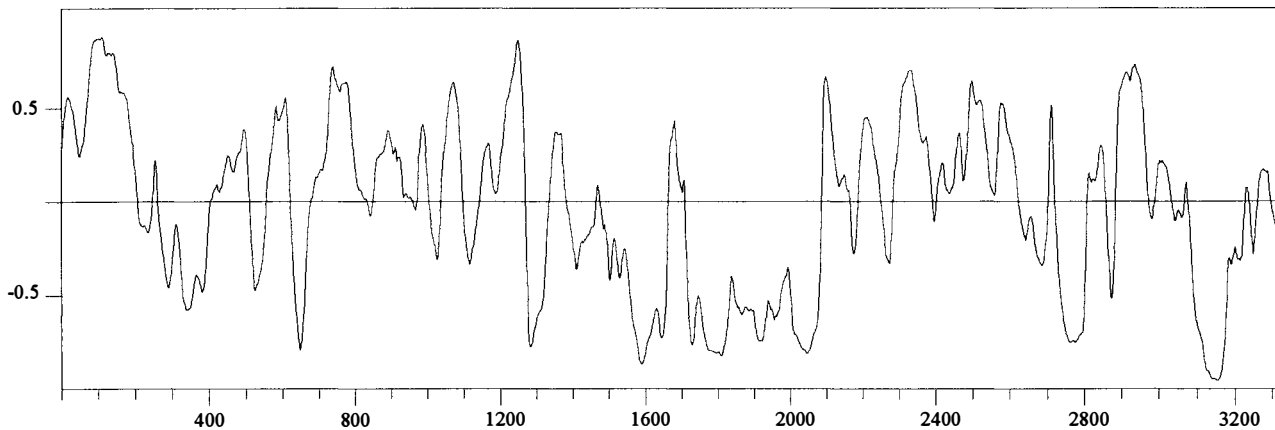


Abb. 17. Die zeitliche Entwicklung der Korrelation zwischen den Zeitreihen der Oberpläne „Zeige Dich (selbst) einfühlsam“ (Therapeut) und „Schütze Dich vor bedrohlichen Veränderungen“ (Klientin), wobei die Zeitreihen vor der Korrelation mit einem Fenster von $n = 30$ geglättet wurden

Korrelationsverlauf zwischen den Selbstdarstellungskategorien „Externalisation/Hilflosigkeit demonstrieren“ (K II) und „Problembearbeitung (Selbstöffnung und Vermeidung)“ (K III), so ergibt sich das in Abb. 15 gezeigte Bild. Die Korrelationen sind für psychologische Verhältnisse zum Teil sehr hoch, doch kippen sie phasenweise in die andere Richtung. Würde man diese Zusammenhänge nur im Querschnitt untersuchen, erhielte man komplett widersprüchliche Ergebnisse. (Dies ist in gewisser Weise tatsächlich der [Leidens-] Zustand der real existierenden, kaum dynamisch angelegten, empirischen Psychologie.)

Der Korrelationsverlauf macht selbst einen „chaotischen“ Eindruck. Sein Quasi-Attraktor ist im Käfig eines dreidimensionalen Ersatzphasenraums (Abb. 16) zu besichtigen. Ähnliche Bilder erhält man übrigens auch, wenn man die anderen Selbstdarstellungs-Zeitreihen miteinander korreliert.

Trotz der Irregularität des Korrelationsverlaufs wird deutlich, daß „Externalisation/Hilflosigkeit demonstrieren“ und „Problembearbeitung“ vom Trend her negativ kovariieren. Faßt man breitere Zeitabschnitte (z.B. einzelne Sitzungen) zusammen, liegen alle Korrelationen zwar „auf einer Seite“ (zwischen -0.2 und -0.4), sind aber längst nicht mehr so deutlich ausgeprägt (vgl. Abb. 13c in Teil 1 dieser Arbeit). Vor allem ist uns die Tatsache aus dem Blick geraten, daß die Zusammenhänge zwischen diesen (wie auch zwischen anderen) Selbstdarstellungsformen zeitweise glatt andersherum gepolt sind. Es handelt sich also nicht nur um einen quantitativen Informationsverlust, sondern um eine qualitativ andere Art Information.

Offenbar kommt es entscheidend auf den Kontext an, also auf den Zustand des Gesamtsystems. Globale, d.h. kontextunabhängige und unidirektionale Wirkannahmen (z.B.: wenn eine Klientin externalisiert und sich hilflos zeigt, verhindert das eine notwendigerweise selbstbezogene Arbeit an ihren Problemen) greifen zu kurz. Dies gilt auch und erst recht für Annahmen über die Wirkung therapeutischer Strategien. Diese kann – je nach Phase und Kontext – völlig unterschiedlich ausfallen, wie z.B. der Korrelationsverlauf zwischen dem Oberplan „Zeige Dich einfühlsam“ des Therapeuten

und dem Oberplan „Schütze Dich vor bedrohlichen Veränderungen“ der Klientin zeigt (Abb. 17).

Die Konsequenzen dieser Ergebnisse bestehen nicht nur in einer Bestätigung der Beobachtung, daß die Kovariation chaotischer Prozesse erheblichen Schwankungen unterliegt (vgl. Abb. 5), und nicht nur in einer Bestätigung vieler in Teil I dieser Arbeit bereits zusammengestellter Positionen (s. dort Kap. 1.1 und 1.2, z.B. zur Bedeutung nicht-normativ definierter Therapiephasen oder zur Ergänzung von „patterns of change“ durch „changes of patterns“). Möglicherweise gehen die Konsequenzen weiter, nämlich dahin, die Sinnhaftigkeit einer kontextfreien Wirkungsforschung generell in Zweifel zu ziehen.

Die Frage, ob Methode A effektiver ist als Methode B, vielleicht noch bei einer bestimmten Störung und mit einem bestimmten Therapeutentyp (Fragestellung der sog. differentiellen Psychotherapieforschung), läßt sich kaum mit Bezug auf die Methode beantworten, sondern nur mit Bezug auf den Kontext. Es dürfte auch nichts damit gewonnen sein, die Kontrollüberzeugung von spezifischen auf unspezifische Wirkfaktoren abzuwälzen (s. Schiepek, 1994a). Sofern es um Kontexte geht, d.h. um strukturelle (welche Variablen wirken wie zusammen) und dynamische Systemzustände, wird die konsequenteste Abkehr von Kieplers Uniformitätsmythos letztlich in der Entwicklung von Systemtheorien psychotherapeutischer Prozesse bestehen. Diese Theorien würden keine Einheitsantworten auf die Frage nach der Wirkung bestimmter Methoden oder Variablen bereithalten, sondern das verfügbare Wissen in Computersimulationen umsetzen, die – je nach Randbedingungen – eine Vielzahl von möglichen dynamischen Szenarien erzeugen könnten (vgl. Schiepek, 1991, 1992). Es kämen dadurch Dialoge mit Theorien in Gang, die von ganz anderer Qualität wären als die bisherige statische Rezeption von statischem Lehrbuchwissen.

Im folgenden wenden wir uns der Frage zu, was aus unseren – sicher nur sehr vorläufigen und mit vielen Unsicherheiten behafteten – Ergebnissen für das Verständnis psychotherapeutischer Prozesse gewonnen werden könnte.

5. Konsequenzen für die Psychotherapie

Das Anliegen der vorliegenden Einzelfall-Studie bestand vor allem darin, konzeptuelle und methodische Innovationen zu erproben. Die Ergebnisse zeigen, daß die Theorie dynamischer Systeme im Bereich der Psychotherapie-Prozeßforschung über bloße Metaphorik hinaus nutzbar zu machen ist. Es gelang, das interaktionelle Verhalten von Therapeut/in und Klient/in mit Hilfe der Methode der Sequentiellen Plananalyse in Form quantitativer Zeitreihen abzubilden und verfügbare nichtlineare Analysemethoden darauf anzuwenden. Obwohl entsprechende Analysen im Bereich physikalischer oder biologischer Systeme aufgrund der dort gegebenen Datenqualität meist zu eindeutigeren Resultaten führen, hat sich unseres Erachtens der Start dieses Versuchsballons gelohnt. Es dürfte von wissenschaftlichem und praktischem Wert sein, die Hypothese weiterzuverfolgen, daß die interaktionelle Mikrodynamik von Psychotherapien als nichtstationärer chaotischer Prozeß zu beschreiben ist. Unter dem Vorbehalt möglicher methodenkritischer Einwände läßt sich diese Hypothese in einer Reihe von Schlußfolgerungen ausdifferenzieren, welche die vorliegenden Befunde inhaltlich qualifizieren und konkretisieren. Die Beschäftigung mit derartigen Schlußfolgerungen scheint uns wichtig zu sein, denn alle Beteiligten wollen schließlich wissen, in welche Richtung der Einstieg in eine systemwissenschaftliche Psychotherapieforschung führt.

5.1 Insofern das interaktionelle Verhalten bzw. die Selbstdarstellung von Therapeut und Klientin Merkmale von deterministischem Chaos aufweisen, kann die therapeutische Beziehungsgestaltung als *informationsverarbeitendes System* interpretiert werden. Chaotische Systeme sind informationsverarbeitende Systeme, da sie sensibel auf umgebungsbedingte „Störungen“ bzw. Input reagieren. Anders als periodisch stabile Systeme, deren Verhalten sich nach Störungen nicht ändert – das Systemverhalten läuft wieder auf die bestehende Trajektorienbahn zurück – sind chaotische Systeme *inputsensibel* und damit lernfähig und sogar steuerbar. Chaotisches Verhalten signalisiert Lernbereitschaft. Die höhere Chaotizität (erkennbar an den höheren LLEs) und die tendenziell höhere Komplexität (im Sinne der gemittelten PD2) des Verhaltens der Klientin sprechen für ihre im Vergleich zum Therapeuten höhere Lern- bzw. Veränderungsbereitschaft und Inputsensibilität. Dies ist natürlich ein für psychotherapeutische Interaktionen erwartbarer Befund. Für eine schematheoretische Interpretation von Psychotherapie würde er bedeuten, daß Veränderungen von Selbst-Schemata und Selbstinterpretationen (via self-defining feedback, s. Laux und Weber, 1993) durch die chaotische Irregularität im Bereich der Selbstdarstellung erst ermöglicht werden.

Angeregt wurden diese Überlegungen durch Ergebnisse aus dem Bereich der Gehirnforschung. Freeman und Mitarbeiter fanden bei ihren Untersuchungen zur Geruchswahrnehmung, daß das Chaos in der neuronalen Dynamik des olfaktorischen Systems eine wesentliche Voraussetzung für das Erkennen und Neulernen von Gerüchen darstellt. Chaos, so Skarda und Freeman

(1987), versorge neuronale Zell-Assemblies (NCAs) mit einem deterministischen „I don't know“, d.h. mit Offenheit und Aufnahmebereitschaft. „Without it, the patterned activity would always return to old, already formed NCAs leading to exhausting repetition“. Die Autoren stellten weiterhin fest, „that the learning of a new odor and its subsequent recognition is related to a process involving a change in chaotic dynamics ... Global higher dimensional attractors characterize the surface potentials only when the (olfactorial) bulb is stimulated by new or conditioned odors. Lower dimensional attractors are associated with the evaluation of known, highly habituated (i.e. expected) stimuli“ (zitiert nach Elbert et al., 1994, S. 32 und S. 40). Für die hier vorgenommene Interpretation erhöhter Reaktions- bzw. Lernbereitschaft auf seiten der Selbstdarstellung der Klientin spricht der Befund, daß sich die Varianz des lokalen LLE innerhalb der Sitzung oft erhöht. Die therapeutische Interaktion erreicht es also, die Veränderungsbereitschaft zu steigern. Die Varianzzunahme des lokalen LLE (die hier als Chaotizitätsmaß interpretiert wird) kommt bei der Klientin wesentlich häufiger vor als beim Therapeuten.

5.2 Ebenfalls aus dem Bereich der Gehirnforschung entstammt eine andere Parallele, die zum Interaktionsverhalten in der Psychotherapie gezogen werden kann. Mpitsos und Mitarbeiter (z.B. Mpitsos et al., 1988) konnten zeigen, daß bereits sehr einfache simulierte neuronale Netzwerke in der Lage sind, verschiedene chaotische Signale (z.B. der Verhulst-Dynamik oder der Rössler-Dynamik) zu identifizieren und zu unterscheiden. „With this result, one can speculate that the information exchange between various parts of the brain is coded as various degrees of chaos. The meaning of this speculation is that the neural message is not composed of a signal overlapped by noise but lies in the irregularity itself“ (Elbert et al., 1994, S. 30). Die zentrale Information in der Kommunikation zwischen neuronalen Zell-Assemblies (NCAs) wäre also in Form und Grad der Chaotizität des von diesen NCAs erzeugten Signalen zu vermuten. Eben diese Information kann durch parallel verarbeitende konnektionistische Netzwerke bzw. Zell-Assemblies identifiziert werden. Auch im Bereich der psychotherapeutischen bzw. allgemeiner der sozialen Interaktion könnte man vermuten, daß Informationen nicht nur durch eine Serie von Einzelsignalen (verbale, nonverbale Symbole, Bedeutung und Intensität von Plänen sowie deren Abfolgemuster), sondern durch deren spezifische *Irregularität* vermittelt werden. Irregularität und Chaotizität wären also selbstständige Bedeutungsträger und nicht etwa ein auf das reine Signal aufgesetztes Rauschen.

5.3 Betrachtet man die dynamische Komplexität und Chaotizität der interaktionellen Selbstdarstellung als eigenständige Information und berücksichtigt zudem deren hohe zeitliche Frequenz (die zeitliche Auflösung der SPA betrug 10 Sekunden, die Frequenz identifizierbarer nonverbaler Signale liegt sicher höher, also im Bereich kürzerer Intervalle), so muß man wohl auch bei der sozialen Wahrnehmung entsprechende Informati-

onsverarbeitungssysteme vermuten. *Klinische Urteilsbildung* liefe damit nicht nur bewußt und im Sinne serieller Einzelentscheidungen ab, sondern als *ganzheitlicher, weitgehend unbewußter Prozeß nach dem Vorbild parallel verarbeitender konnektionistischer Netzwerke* (vgl. Caspar et al., 1992). Für die zumindest partielle Unbewußtheit dieser Prozesse spricht erstens deren notwendige Geschwindigkeit aufgrund der hohen zeitlichen Frequenz sozialer Signale, zweitens die Tatsache, daß für die dynamische Komplexität und Chaotizität sozialer, aber auch anderer Signale kaum Begriffe und sprachliche Einordnungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen und drittens, daß die nonverbale Vermittlung interaktioneller Pläne selbst bereits außerordentlich komplex und analog verläuft, somit einer sprachlichen Digitalisierung nur schwer zugänglich ist. Vielleicht gewinnen wir auf diesem Weg eine empirisch fundierte Vorstellung davon, worin klinische *Intuition* besteht. Die nichtlineare Analyse von Selbstdarstellungsdynamiken und die Modellierung von Chaos-Identifikations-Prozessen in der Therapie könnten erste Schritte in diese Richtung sein.

5.4 Die hier vorgelegte Chaos-Analyse der therapeutischen Selbstdarstellungsdynamik bestätigt einmal mehr, daß Psychotherapie auf der Mikroebene der Therapeut-Klient-Interaktion ein *nicht vorhersehbarer Prozeß* ist. „Der Weg entsteht beim Gehen ...“, überschrieb Grawe (1988) einen Artikel, in dem er diese Position aus schematheoretischer Sicht begründete. Ähnlich wie Grawe (1987; 1988) kommen auch andere Autoren zu dieser Sichtweise, meist über eine Kombination theoretischer Überlegungen und praktischer Erfahrungen (z.B. Schiepek, 1991, 1992; Schiepek et al., 1992; Schneider, 1992). Für Praktiker besitzt die Einsicht begrenzter Vorhersehbarkeit und Planbarkeit psychotherapeutischer Prozesse sicher unmittelbare Evidenz. Nun aber ergibt sich durch die Methodologie der Chaos-Forschung die Möglichkeit eines empirischen Nachweises, mehr noch, es gelingt sogar die Messung des Grades der Nichtvorhersehbarkeit, z.B. mittels Lyapunov-Exponenten und Entropiemaßen. Schließlich bekommen wir sogar noch Erklärungen für die Nichtvorhersehbarkeit geliefert, wenn wir nur psychotherapeutische Prozesse im Rahmen der Theorie nichtlinearer dynamischer Systeme interpretieren (vgl. Schiepek und Strunk, 1994).

Die praktischen Konsequenzen gehen in Richtung angemessener Sensibilität und Flexibilität des therapeutischen Vorgehens. Der Therapeut sollte einfühlsam am Geschehen „dranbleiben“, „Yes-Sets“ abwarten und auf diese reagieren, darauf achten, was wann „paßt“. Wenn hier von Einfühlung die Rede ist, dann ist nicht eine schwere, problemorientierte Empathie gemeint, sondern das Gespür für Timing und Aufnahmebereitschaft des Klienten (vgl. Ambühl und Grawe, 1988). Sachse kommt aufgrund seiner empirischen Untersuchungen zu emotionalen Bearbeitungsprozessen in der Gesprächspsychotherapie zu einer ähnlichen Schlußfolgerung: „Man kann nicht vorhersagen, welcher Zustand beim Klienten/bei der Klientin vorliegen wird: Therapie ist auf der Mikroebene nur sehr begrenzt

planbar. Ein Therapeut/eine Therapeutin muß daher in der Lage sein, auf neue Prozeßzustände flexibel zu reagieren“ (1991, S. 168). Die Forderung nach Flexibilität hat ihre Berechtigung vor allem auf der interaktionellen Mikroebene, nicht unbedingt auf der Ebene längerfristiger Therapieplanung. Hier erweist sich offenbar konzeptuelle Stabilität als günstig, häufiges Wechseln der Strategien und Handlungsrationale dagegen als ungünstig (Schulte-Bahrenberg und Schulte, 1991), was nicht zuletzt mit der notwendigen Methodenidentifikation und Orientierungsklarheit des Therapeuten zu tun hat (vgl. Eckert, 1991). Eine Ebene darunter aber stellt sich Therapie nicht als der große einmalige Wurf, sondern als Folge von Mikrointerventionen dar. Dies erkennt man bereits an den qualitativen Aktivierungsmustern interaktioneller Pläne (vgl. oben, Abb. 1). Der Therapeut realisiert kürzere Sequenzen und „agiert“ wesentlich punktueller als die Klientin. Man könnte hier irreguläre, intermittierende Anregungsversuche vermuten.

5.5 Trotz der Nichtvorhersehbarkeit des Interaktionsprozesses gibt es eine *innere Struktur, eine Ordnung im Chaos*. Die Unterscheidung von erratischer Zufälligkeit ist ja eben gerade eines seiner zentralen Merkmale. Form und Dimensionalität des Attraktors geben die Grenzen an, innerhalb derer sich die Dynamik eines Systems bewegt. Nichtvorhersehbarkeit spielt sich nur *innerhalb* eines Attraktors ab, und dieser bleibt stabil, solange sich kein kritischer Übergang ereignet, der zum Wechsel der Dynamik in einen anderen Attraktor führt. Aber auch kritische Sprünge zwischen verschiedenen dynamischen Mustern (z.B. Grade der Chaotizität) weisen auf eine komplexe Form von Ordnung und keineswegs auf Unordnung hin. Die innere Struktur der Beziehungsdynamik (Dimensionalität und Form der Attraktoren, Entropie, Chaotizität, Determiniertheitsgrad) führt vielleicht in Zukunft zu neuen Klassifikationsmöglichkeiten für therapeutische Prozesse, die interaktionsrelevanter Aspekte thematisieren als die Einteilung nach Störungsbildern des Klienten.

Es zeigte sich, daß die Zeitreihen des Therapeuten eine relativ zur Klientin niedrigere Chaotizität bzw. Nichtvorhersehbarkeit und auch eine tendenziell niedrigere dimensionale Komplexität (beruhend auf den gemittelten PD2) aufweisen. Das Therapeutenverhalten ist also weniger komplex, vorhersehbarer, wenn man so will: strukturierter als das der Klientin. Die Botschaft lautet daher keineswegs: Beliebigkeit, „anything goes“, sondern zielt auf die Notwendigkeit einer flexibel handhabbaren Struktur für den Therapeuten. Dies wiederum spricht unseres Erachtens für eine heuristische Konzeption von Psychotherapie (vgl. Grawe, 1988; Caspar und Grawe, 1989; Sachse, 1991). Im Gegensatz zur Anwendung umschriebener Techniken stellen Heuristiken Orientierungshilfen dar, innerhalb derer sich der Therapeut spontan, nach Maßgabe seiner Persönlichkeit und Intuition bewegen kann. Heuristiken sind so konkret, daß sie dem Therapeuten Sicherheit geben, andererseits aber so allgemein, daß er sein Vorgehen nach Bedarf modifizieren und arrangieren kann. Von Grawe und Mitarbeitern (z.B. Grawe, 1987) wurden Heuristiken beschrieben, die aus einem schematheoretischen Psy-

chotherapieverständnis resultieren (z.B. „reflektierende Abstraktion“, „emotionales Durcharbeiten“, „Kompetenzerweiterung“). Andere Heuristiken mögen handlungsleitend sein, wenn man – wie im Fall der hier untersuchten Therapie – einer lösungsorientierten Konzeption folgt (z.B. „Aktivierung von Ressourcen und Kompetenzen“, „Motivierung durch die Entwicklung von Zielszenarien“, „Initiierung von probleminkompatiblen Handlungs- und Interaktionsmustern“, „Vermeidung problemvertiefender und pathologisierender Kommunikation“, etc.). Die in unserer Studie identifizierten Pläne zeigen im übrigen, daß der lösungsorientiert arbeitende Therapeut Heuristiken realisiert, die auch für ein interaktionelles oder schematheoretisch orientiertes Vorgehen typisch sind (z.B. „Erzeuge eine vertrauensvolle Beziehung“, „Veranlasse sie dazu, ihre Denkmuster zu reflektieren“ ... „Aktiviere sie“, „Unterstütze ihre Eigenverantwortlichkeit“, etc.; vgl. Abb. 5 in Teil I dieser Arbeit [vgl. die Heuristik der „reflektierenden Abstraktion“], etc.). Dies entspricht einerseits der bekannten Tatsache, daß das Verhalten von Therapeuten weniger divergent und zugleich auch reichhaltiger ist als ihre Konzepte, kann aber darüber hinaus auch als Argument für die heuristische Konzeption einer *Allgemeinen Psychotherapie* verstanden werden (vgl. Grawe et al., 1994; Schiepek, 1994b).

5.6 Die Beschreibung der therapeutischen Beziehungsgestaltung als chaotischen Prozeß macht es auf der Theorieebene notwendig, *Psychotherapie als dynamisches System* zu konzeptualisieren. Der Kritik an linearen Ursache-Wirkungs- bzw. Dosis-Wirkungs-Analogien (Greenberg, 1986, 1991; Pinsof, 1989; Stiles und Shapiro, 1989) wird damit ein weiteres, empirisch fundiertes Argument hinzugefügt.

Dynamische Systemmodelle zur Erklärung der Wirkung von Psychotherapie liegen bereits vor, so z.B. das „Generic Model“ von Orlinsky und Howard (1986; vgl. auch Orlinsky et al., 1994), schematheoretische Veränderungskonzeptionen (Grawe, 1988; Grawe et al., 1994), das Konzept der Übergangsmuster psychoemotionaler Erlebnis- und Verarbeitungszustände (sog. „states of mind“; Horowitz, 1987), integrierte Selbstdarstellungs- und Selbstinterpretationsmodelle (Laux und Weber, 1993; Renner et al., 1993), schließlich Modelle, die an Theorien der Selbstorganisation orientiert sind (z.B. Schiepek, 1991; Kruse et al., 1992; Schneider, 1992; Schiepek et al., 1992). Bemerkenswert ist nun, daß all diese dynamischen Modelle mit *nichtlinearen Wirkmechanismen* zu rechnen haben, denn anders wären chaotische Phänomene nicht erklärbar. Dies bedeutet, daß minimale Interventionen große und eventuell stark zeitverzögerte Wirkung haben können, oder umgekehrt, daß massive Interventionen nur minimale Wirkungen zeigen können. Kontinuierlich fortgesetzte Maßnahmen sind nicht vor einem schlagartigen Umkippen ihrer Effekte gefeit, auch wenn sie sich bisher als effektiv erwiesen haben sollten. Die Wirkung von Interventionen muß wesentlich als *Funktion ihrer dynamischen Kontexte* aufgefaßt werden.

Derartige Phänomene sind dem Praktiker in der Regel vertraut. Sie haben in Psychotherapien vor allem

deshalb erhöhte Auftretenswahrscheinlichkeit, weil dort Destabilisierungen mentaler oder sozialer Muster gezielt angeregt werden und Therapie zudem nur in einem Zustand weitab vom motivationalen Gleichgewicht wirksam werden kann. Dies sind eben die Bedingungen, unter denen sich nichtlineare Effekte besonders deutlich entfalten (vgl. Haken, 1990; Nicolis und Prigogine, 1987). Im Rahmen von Ausbildungen wäre zu fordern, daß sich Psychotherapeuten vermehrt mit nichtlinearen Dynamiken vertraut machen, wozu auch Computersimulationen Anschauungshilfen bieten.

5.7 In der von uns untersuchten Therapie lassen sich sowohl zwischen als auch innerhalb der Sitzungen *diskontinuierliche, kritische Übergänge* in der Beziehungsdynamik feststellen. Es handelt sich dabei allerdings nicht im eigentlichen Sinne um nichtlineare „Phasenübergänge“, da diese die Veränderung eines Kontrollparameters voraussetzen würden. Dazu müßten z.B. experimentelle Variationen des Kontrollparameters realisiert werden, was hier nicht geschehen ist. Die Analogie zwischen Experiment und therapeutischem Prozeß ist überhaupt nur sehr begrenzt tragfähig, da die Veränderungsimpulse aus dem System der Therapeut-Klient-Beziehung heraus entstehen und nicht von außen herangetragen werden. Der Therapeut ist eben Teil des therapeutischen Geschehens und keine externe Kontrollinstanz. Auch ist theoretisch nicht ganz klar, was als geeigneter Kontrollparameter für therapeutische Phasenübergänge gelten könnte. Ein möglicher Kandidat wäre die Veränderungsmotivation des Klienten. Diese ist allerdings kein Umweltparameter wie die Energiepumpe beim Laser oder die Temperaturzufuhr bei der Bénard-Rayleigh-Konvektion, sondern ein prozeßimmanenter Parameter.

Die wesentlichen Indikatoren für kritische Übergänge in der chaotischen Dynamik sind in unserer Analyse die Nulldurchgänge bzw. Einbrüche (Nullannäherungen) des lokalen LLE (hier nicht dargestellt, vgl. Kowalik et al., 1994) sowie dessen abrupte Varianzveränderungen (Abb. 14). Daß diese Maße geeignet sind, kritische dynamische Übergänge zu identifizieren, konnte in Monte-Carlo-Studien mit künstlich erzeugten Daten sowie in anderen empirischen Studien gezeigt werden (Kowalik und Elbert, 1994). Auch mit dem PD2 und den lokalen Entropy-Rates lassen sich kritische Übergänge in der dimensional Komplexität und in der Entropie von Zeitreihen feststellen. Die dimensional Komplexitäten blieben allerdings bei unseren Zeitreihen über den gesamten Prozeß hinweg relativ konstant.

Bedeutsam ist die Feststellung, daß zwar einige, aber nicht alle Übergänge zeitsynchron sind. Insbesondere in der 8. Therapiesitzung konnte ein hochgradig synchronisierter Übergang identifiziert werden. Obwohl die Frage der Synchronisierung unterschiedlicher Verhaltensaspekte weiterer Untersuchungen bedarf, legt die Beobachtung synchronisierter kritischer Übergänge eine Interpretation nahe, die *Psychotherapie als Selbstorganisationsprozeß* ansieht. Andere Übergänge dagegen weisen eine solch hochgradige Synchronisierung nicht auf, so daß sich die therapeutische Beziehungsgestaltung nicht als ein von einzelnen „Moden“ vollstän-

dig „versklavter“, sondern hinsichtlich einzelner Verhaltensaspekte (Zeitreihen) differentiell verlaufender Prozeß darstellt. Es sollte festgehalten werden, daß Selbstorganisation in sozialen Systemen nicht nur zu einer Homogenisierung, sondern auch zu einer Differenzierung von Verhaltensaspekten führen kann.

Unabhängig davon, ob man sich die kritischen Übergänge als nichtlineare Phasenübergänge oder wie in diesem Fall als *dynamischen Wechsel zwischen koexistierenden Attraktoren* interpretiert, stellt sich in der Praxis die Frage, woran man solche Übergänge frühzeitig erkennt. Die genaue zeitliche Lokalisierbarkeit macht es nun immerhin möglich, auf empirischer Basis nach Frühindikatoren zu suchen. Ein solches Projekt wäre sinnvoll, denn kritische Übergänge stellen in Therapien einerseits besonders produktive, andererseits aber auch riskante und schwierige Momente dar. Die aus der Synergetik bekannten Hinweise auf kritische Fluktuationen und kritisches Langsamerwerden der Relaxation auf den Attraktor lassen sich in chaotischen Systemen wahrscheinlich nur schwer identifizieren und therapiebezogen anschaulich machen.

Für praktische Belange ist es bedeutsam, daß die in Therapien sich interaktionell, kognitiv und emotional vollziehenden kritischen Übergänge und Destabilisierungsprozesse auf hinreichende Stabilitäten bauen können. Solche Stabilitäten entstehen z.B. aus einer tragfähigen Therapeut-Klient-Beziehung, aus der Bestätigung positiver Aspekte des Selbstkonzepts des Klienten, aus der Aktivierung von Ressourcen, aus komplementärem Verhalten zu wichtigen Plänen oder aus der wertschätzenden Anerkennung bedeutender Aspekte des persönlichen Lebensstils.

5.8 Die von uns untersuchten Zeitreihen der interaktionellen Selbstdarstellung von Therapeut und Klientin repräsentieren offenbar ein hochdimensionales, komplexes System. Die Berechnungsalgorithmen der Kapazitätsdimension (D0), der Informationsdimension (D1) und der Korrelationsdimension (D2) gelangten jedenfalls zu keiner Sättigung auf einen finiten Wert (Schiepek et al., 1994). Es ist damit nicht klar, wieviele unabhängige Variablen man benutzen müßte, um das empirische System zu modellieren. Ließe sich die Hypothese bestätigen, daß die Therapeut-Klient-Beziehung als hochdimensional chaotisches System zu charakterisieren ist, so hätte es deutliche Ähnlichkeiten zum EEG unter Ruhebedingungen: es wäre hochdimensional und nichtstationär. Die Ruhebedingung beim EEG kann als Zustand offener Wahrnehmungsbereitschaft beschrieben werden.

5.9 Es stellt sich die Frage, wie man sich die Veränderung chaotischer Prozesse vorzustellen hat. Fest steht jedenfalls, daß chaotisches Verhalten keineswegs veränderungsresistent, sondern adaptiv (vgl. das Konzept der „Chaos-basierten Homöostase“, Elbert et al., 1994) und nach dem Prinzip kontinuierlicher, aber minimaler Intervention der Steuerung zugänglich ist. Ist Psychotherapie also Chaos-Management oder Chaos-Steuerung? Für diese Interpretation spricht, daß es in neuerer Zeit Steuerungsmodelle gibt, die ohne die Kenntnis der genauen Systemstruktur und ihrer Parameter auskom-

men. Sie funktionieren nach dem Prinzip eines spezifischen Eigendynamik-Feedbacks: das Systemverhalten (Output) wird – spezifisch gefiltert und getimt – als Input zurückgegeben (Pyragas, 1992). Dieses Prinzip (Veränderung durch Feedback) mag Parallelen zur Psychotherapie aufweisen, die sich an anderen Stellen dagegen nicht mehr finden: Technische Modelle der Chaos-Steuerung wollen in der Regel Chaos eliminieren, um einen der vielen instabilen periodischen Orbits, die in einem seltsamen Attraktor potentiell verfügbar sind, zu stabilisieren. Es geht also um Stabilisierung statt, wie in der Psychotherapie, um kontrollierte Destabilisierung. Weiterhin setzt Chaos-Steuerung die Kenntnis einer Ziel- bzw. Soll-Dynamik voraus, die sich in Psychotherapien üblicherweise erst im Laufe des Prozesses konkretisiert (vgl. das Prinzip des „dialektischen Problemlösens“, Dörner, 1976). Auch die relevanten Systemparameter, welche die meisten der verfügbaren Steuerungsmodelle benötigen, sind in der psychotherapeutischen Praxis meist nicht bekannt. Im Moment läßt sich daher über den Wert dieser physikalisch-technischen Metapher bzw. Analogie für den therapeutischen Veränderungsprozeß nichts Definitives aussagen. In jedem Fall sollten Modelle entwickelt werden, die nicht nur Verhaltensänderungen (also die konkrete Systemdynamik) erklären, sondern über Verhaltensänderungen auch einen Wandel der jeweiligen Potentiallandschaft und damit der Parameterdynamik implizieren (vgl. Schiepek et al., 1992). Derartige Versuche laufen derzeit in unserer Arbeitsgruppe in Münster (Droste und Schiepek, 1995a, b). Die Entwicklungen gehen dahin, das realisierte Systemverhalten auf die Entwicklung der Potentiallandschaft rückzukoppeln. Zudem wird geprüft, in wieweit zur Veränderung der Dynamik eine unscharfe Einschätzung des Systemverhaltens („fuzzy clustering“) und die Verfügbarkeit einiger weniger Produktionsregeln bzw. Verhaltensoptionen ausreichen.

5.10 Etwas spekulativ mag es vielleicht wirken darauf hinzuweisen, daß das Chaos in der therapeutischen Beziehungsgestaltung lediglich eine Intensivierung und Verdichtung des Chaos in der üblichen Lebensgestaltung bedeutet. Die posttraditionelle und *postmoderne Lebensgestaltung* ist weitgehend durch Verunsicherung charakterisiert (Beck, 1986). Auf äußere Stabilität und Vorhersehbarkeit kann man nur mehr sehr bedingt zählen: „Today the past is not always what it was thought to be, the future is no longer predictable, and the present is changing as never before. In fact, today even the status quo is in a state of flux“ (Gelatt, 1989, S. 252). Freisetzung und Pluralität als wesentliche Bestimmungsstücke unserer gesellschaftlichen Realität machen es erforderlich, das Leben als eine *Kaskade von Destabilisierungen und Restabilisierungen* zu gestalten. Vielleicht kann Therapie nur deshalb wirken, weil sie als Teil des sozialen Lebens diesem hierin „selbstähnlich“ ist: In beiden Fällen geht es um die Gestaltung der „Praxis der Freiheit“ (Foucault, 1989; Schmid, 1991).

Die mit dieser Praxis verbundene Unsicherheit sollte positiv konnotiert und damit die Tatsache akzeptiert werden, daß auf Dauer stellbare Sicherheiten kaum

mehr zu erreichen sein werden. Hierfür geeignete Planungs- und Entscheidungsstrategien bezeichnet Gelatt (1989) mit dem Begriff der „*positive uncertainty*“ (vgl. auch Keupp, 1993): „What is appropriate now is a decision and counseling framework that helps clients deal with change and ambiguity, accept uncertainty and inconsistency, and utilize the nonrational and intuitive side of thinking and choosing“ (Gelatt, 1989, S. 252). Sowohl die Entdeckung des Chaos in komplexen Systemen als auch die Strategie der „*positive uncertainty*“ können damit als Ausdruck einer postmodernen Therapie-, Lebens- und Gesellschaftsphilosophie gelten.

6. Ausblick

Die hier zur Diskussion gestellten Punkte können natürlich nicht als zwingende Schlußfolgerung aus unseren Daten und Analysen gelten. Es ging vielmehr darum, einen inhaltlichen Interpretationsrahmen anzubieten, der über die methodischen Innovationen hinaus den Nutzen der Theorie nichtlinearer dynamischer Systeme für die Psychotherapieforschung verdeutlicht. Daß mit der hier vorgelegten Studie kein Abschluß, sondern eher ein Beginn für weiterführende Forschungsprojekte markiert ist, versteht sich von selbst (vgl. z.B. auch Langs und Badalamenti, 1993; Levine und Fitzgerald, 1992; Tschacher et al., 1992). Replikationen sollten durchgeführt, die Reliabilität und Validität der Sequentiellen Plananalyse ebenso wie der nichtlinearen Analysemethoden geprüft und differentielle Fragestellungen (z.B. Vergleiche zwischen erfolgreichen und nicht erfolgreichen Therapien) bearbeitet werden. Weiterhin geht es darum, die interaktionelle Dynamik der therapeutischen Beziehungsgestaltung mit intrapsychischen (kognitiven, emotionalen) und biologischen (neuronalen, endokrinen) Prozessen von Therapeut und Klient in Beziehung zu setzen sowie praktische Nutzungsmöglichkeiten der Chaosforschung zu klären. All dies setzt eine interdisziplinäre, längerfristige und über mehrere Institutionen koordinierte Forschungsperspektive voraus, die zu organisieren sich lohnen würde.

Literatur

- Abraham RH, Shaw CD (1984) Dynamics – The geometry of behavior. Part 2: Chaotic behavior. Aerial Press, Santa Cruz, California
- Ambühl H, Doblies G (1991) Wie sieht ein klientengerechtes therapeutisches Angebot aus? Verhaltenstherapie und psychosoziale Praxis 23: 289–304
- Ambühl H, Grawe K (1988) Die Wirkungen von Psychotherapien als Ergebnis der Wechselwirkung zwischen therapeutischem Angebot und Aufnahmebereitschaft der Klienten. Z Klin Psychol Psychopathol Psychother 36: 308–327
- an der Heiden U, Mackey MC (1987) Mixed feedback: A paradigm for regular and irregular oscillations. In: Rensing L, an der Heiden U, Mackey MC (eds) Temporal disorder in human oscillatory systems. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo, pp 30–46
- Bak P, Chen K (1991) Self-organized criticality. Sci Am January: 26–33
- Bak P, Tang C, Wiesenfeld K (1988) Self-organized criticality. Physical Review A 38/1: 364–374
- Bak P, Chen K, Creutz M (1989) Self-organized criticality in the „game of life“. Nature 342: 780–782
- Beck U (1986) Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Suhrkamp, Frankfurt/M
- Boos M (1995) Die sequentielle Strukturierung sozialer Interaktion. In: Langthaler W, Schiepek G (Hrsg) Selbstorganisation und Dynamik in Gruppen. LIT-Verlag, Münster (im Druck)
- Buzug T (1994) Analyse chaotischer Systeme. BI Wissenschaftsverlag, Mannheim
- Caspar F (1989) Beziehungen und Probleme verstehen. Eine Einführung in die psychotherapeutische Plananalyse. Huber, Bern
- Caspar F, Grawe K (1989) Weg vom Methoden-Monismus in der Psychotherapie. Bulletin der Schweizer Psychologen 3: 6–19
- Caspar F, Rothenfluh T, Segal Z (1992) The appeal of connectionism for clinical psychology. Clin Psychology Review 12: 719–762
- de Shazer S (1989) Wege erfolgreicher Kurzzeittherapie. Klett-Cotta, Stuttgart
- de Shazer S (1992) Das Spiel mit den Unterschieden. Carl Auer Verlag, Heidelberg
- Dörner D (1976) Problemlösen als Informationsverarbeitung. Kohlhammer, Stuttgart
- Droste SW, Schiepek G (1995a) Modelle der Chaossteuerung am Beispiel nichtlinearer Systemdynamik in Kräftepotentialen. Manuskript, Universität Münster
- Droste SW, Schiepek G (1995b) Neuro-fuzzy Chaossteuerung am Beispiel der Verhulstgleichung. Manuskript, Universität Münster
- Eckert J (1991) Über die Bedeutung der Therapietheorien für die Wirksamkeit psychotherapeutischer Behandlungen. Verhaltenstherapie und psychosoziale Praxis 23: 145–155
- Elbert T, Ray WJ, Kowalik ZJ, Skinner JE, Graf KE, Birbaumer N (1994) Chaos and physiology: Deterministic chaos in excitable cell assemblies. Physiological Reviews 74/1: 1–47
- Enzensberger HM (1991) Zukunftsmusik. Suhrkamp, Frankfurt/M
- Fäh-Barwinski M (1995) Elaboration d'une culture commune de la recherche en psychothérapie. Psychother Forum [Suppl] 3/1: 51–52
- Foucault M (1989) Die Sorge um Sich. Sexualität und Wahrheit III. Suhrkamp, Frankfurt/M
- Friedlander ML, Schwartz GS (1985) Toward a theory of strategic self-presentation in counseling and psychotherapy. J Counseling Psychology 32: 483–501
- Gelatt HB (1989) Positive uncertainty: A new decision-making framework for counseling. J Counseling Psychology 36: 252–256
- Grawe K (1986) Schema-Theorie und interaktionelle Psychotherapie. Forschungsbericht, Universität Bern
- Grawe K (1987) Psychotherapie als Entwicklungsstimulation von Schemata. Ein Prozeß mit nicht vorhersehbarem Ausgang. In: Caspar F (Hrsg) Problemanalyse in der Psychotherapie. DGVt, Tübingen, S 72–87
- Grawe K (1988) Der Weg entsteht beim Gehen. Ein heuristisches Verständnis von Psychotherapie. Verhaltenstherapie und psychosoziale Praxis 20: 39–49
- Grawe K, Caspar F (1984) Die Plananalyse als Konzept und Instrument für die Psychotherapieforschung. In: Baumann U (Hrsg) Psychotherapie: Makro- und Mikroperspektiven. Hogrefe, Göttingen, S 177–197
- Grawe K, Donati R, Bernauer F (1994) Psychotherapie im Wandel – Von der Konfession zur Profession. Hogrefe, Göttingen
- Greenberg LS (1986) Change process research. J Consulting and Clinical Psychology 54: 4–9
- Greenberg LS (1991) Research on the process of change. Psychotherapy Res 1: 3–16
- Haken H (1990) Synergetik. Eine Einführung. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo
- Horowitz MJ (1987) States of mind. Plenum Press, New York

- Kaplan D, Glass L (1992) Direct test for determinism in a time series. *Physical Review Letters* 68: 427–430
- Keupp H (1993) Von der „programmatischen Fortschrittlichkeit“ zur gemeindepsychologischen Identität in der DGVT. *Verhaltenstherapie und psychosoziale Praxis* 25: 421–441
- Kowalik ZJ, Elbert T (1994) Changes of chaoticness in spontaneous EEG/MEG. *Integrative Physiological and Behavioral Science* 29/3: 270–282
- Kowalik ZJ, Schiepek G, Kumpf K, Roberts LE, Elbert T (1994) Psychotherapy as a chaotic process (2). The dynamical structure of the client-therapist-interaction: A nonstationary approach. *Psychotherapy Research* (eingereicht)
- Kriz J (1992) Chaos und Struktur. Quintessenz, München
- 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*. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo, pp 102–117
- Langs R, Badalemti A (1993) *Psychotherapy: The search for chaos and the discovery of determinism*. Nathan S Kline Institute for Psychiatric Research, New York
- Laux L, Weber H (1993) *Emotionsbewältigung und Selbstdarstellung*. Kohlhammer, Stuttgart
- Levine RL, Fitzgerald HE (eds) (1992) *Analysis of dynamic psychological systems*, vols 1 and 2. Plenum Press, New York
- Loistl O, Betz I (1994) *Chaostheorie*. 2. Aufl. Oldenburg, München
- Mandelbrot BB (1987) *Die fraktale Geometrie der Natur*. Birkhäuser, Basel
- Marchais P (1989) De l'ordre au chaos en psychiatrie. *Société médico-psychologique*. Séance du 18 novembre 1989, pp 256–261
- Miller GA, Galanter E, Pribram KH (1960) *Plans and the structure of behavior*. Holt, Rinehart & Winston, New York (Deutsch: *Strategien des Handelns*. Klett, Stuttgart, 1973)
- Mpitos GJ, Burton RM, Creech HC (1988) Connectionist networks learn to transmit chaos. *Brain Res Bull* 21: 539–546
- Mühlnickel W, Rendtorff N, Kowalik ZJ, Rockstroh B, Miltner W, Elbert T (1994) Testing the determinism of EEG and MEG. *Integrative Physiological and Behavioral Science* 29/3: 262–269
- Mummendey HD (1990) *Psychologie der Selbstdarstellung*. Hogrefe, Göttingen
- Nicolis G, Prigogine I (1987) *Die Erforschung des Komplexen*. Piper, München
- Orlinsky DE, Howard KJ (1986) Process and outcome in psychotherapy. In: Garfield SL, Bergin AE (eds) *Handbook of psychotherapy and behaviour change*. Wiley, New York, pp 311–384
- Orlinsky DE, Grawe K, Parks R (1994) Process in outcome in psychotherapy – noch einmal. In: Bergin AE, Garfield SL (eds) *Handbook of psychotherapy and behavior change*, 4th edn. Wiley, New York, pp 270–376
- Packard NH, Crutchfield JP, Farmer JD, Shaw RS (1980) Geometry from a time series. *Physical Review Letters* 45: 712–716
- Peitgen HO, Jürgens H, Saupe D (1992) *Bausteine des Chaos – Fraktale*. Klett Cotta, Stuttgart, und Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo
- Pinsol W (1989) A conceptual framework and methodological criteria for family therapy process research. *J Consulting and Clinical Psychology* 57: 53–59
- Pyragas K (1992) Continuous control of chaos by self-controlling feedback. *Physics Letters A* 170: 421–428
- Redington DJ, Reidbord SP (1992) Chaotic dynamics in autonomic nervous system activity of a patient during a psychotherapy session. *Biological Psychiatry* 31: 993–1007
- Reiter L, Steiner E, Werner U (1995) *Ordnungsstrukturen im Wissenschaftsbetrieb*. Überlegungen und Untersuchungen zum Lotka'schen Gesetz der Publikationshäufigkeiten am Beispiel der Psychotherapie. In: Schiepek G, Tschacher W (Hrsg) *Selbstorganisation in Psychologie und Psychiatrie*. Vieweg, Braunschweig (im Druck)
- Renner K-H, Laux L, Schiepek G (1993) Self-Modeling. Die eigene Person als Video-Vorbild. *Forschungsforum*. Berichte aus der Otto-Friedrich-Universität Bamberg 5: 149–156
- Richter K, Schiepek G, Köhler M, Schütz A (1995) Von der statischen zur Sequentiellen Plananalyse. *Psychother Psychosom Med Psychol* 45/1: 24–36
- Sachse R (1991) Spezifische Wirkfaktoren in der Klientenzentrierten Psychotherapie: Zur Bedeutung von Bearbeitungsangeboten und Inhaltsbezügen. *Verhaltenstherapie und psychosoziale Praxis* 23: 157–171
- Sato S, Sano M, Sawada Y (1987) Practical methods of measuring the generalized dimension and the largest Lyapunov exponent in high dimensional chaotic systems. *Progress in Theoretical Physics (Kyoto)* 77: 1–5
- Scheier C, Tschacher W (1994) *Nichtlineare Analyse dynamischer psychologischer Systeme*. I: Konzepte und Methoden. *System Familie* 7: 133–144
- Schiepek G (1991) *Systemtheorie der Klinischen Psychologie*. Vieweg, Braunschweig
- Schiepek G (1992) Application of synergetics to psychology. In: Friedrich R, Wunderlin A (eds) *Evolution of dynamical structures in complex systems*. Springer proceedings in physics, vol 69. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo, pp 341–381
- Schiepek G (1994a) Ist eine systemische Psychotherapieforschung möglich? *Z Klin Psychol Psychopathol Psychother* 42: 297–318
- Schiepek G (1994b) Verhaltenstherapie und Systemische Therapie. Ähnlichkeiten, Unterschiede, Zukunftsperspektiven. *Psychother Forum* 2/4: 183–190
- Schiepek G (1995a) Chaos in Gruppen? In: Langthaler W, Schiepek G (Hrsg) *Selbstorganisation und Dynamik in Gruppen*. LIT-Verlag, Münster (im Druck)
- Schiepek G (1995b) Der Appeal der Chaosforschung für die Psychologie. In: Küppers G (Hrsg) *Selbstorganisation und Chaos – Die Ordnung von Natur und Gesellschaft*. Reclam, Stuttgart (im Druck)
- Schiepek G, Kowalik ZJ (1994) Dynamik und Chaos in der psychotherapeutischen Interaktion. *Verhaltenstherapie und psychosoziale Praxis* 26: 503–527
- Schiepek G, Strunk G (1994) *Dynamische Systeme*. Asanger, Heidelberg
- Schiepek G, Fricke B, Kaimer P (1992) Synergetics of psychotherapy. In: Tschacher W, Schiepek G, Brunner EJ (eds) *Self-organization and clinical psychology*. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo, pp 239–267
- Schiepek G, Kowalik ZJ, Schütz A, Köhler M, Richter K, Strunk G, Mühlnickel W, Elbert T (1994) Psychotherapy as a chaotic process (1). Coding the client-therapist-interaction by means of Sequential Plan Analysis and the search for chaos: A stationary approach. *Psychotherapy Research* (eingereicht)
- Schiepek G, Schütz A, Köhler M, Richter K, Strunk G (1995) Die Mikroanalyse der Therapeut-Klient-Interaktion mittels Sequentieller Plananalyse. Teil I: Grundlagen, Methodenentwicklung und erste Ergebnisse. *Psychother Forum* 3/1: 1–17
- Schmid GB (1991) Chaos theory and schizophrenia. Elementary aspects. *Psychopathology* 24: 185–198
- Schmid W (1991) Auf der Suche nach einer neuen Lebenskunst. Die Frage nach dem Grund und die Neubegründung der Ethik bei Foucault. Suhrkamp, Frankfurt/M
- Schneider H (1992) Theories of self-organizing processes and the contribution of immediate interaction to change in psychotherapy. In: Tschacher W, Schiepek G, Brunner EJ (eds) *Self-organization and clinical psychology*. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo, pp 268–282

- Schulte-Bahrenberg T, Schulte D (1991) Therapiezielveränderungen bei Therapeuten. In: Schulte D (Hrsg) *Therapeutische Entscheidung*. Hogrefe, Göttingen, S 43–56
- Schuster HG (1994) *Deterministisches Chaos*. VCH, Weinheim
- Skarda CA, Freeman WJ (1987) How brains make chaos in order to make sense of the world. *Behav Brain Sci* 10: 161–195
- Skinner JE, Molnar M, Tomberg C (1994) The point correlation dimension: Performance with nonstationary surrogate data and noise. *Integrative Physiological and Behavioral Science* 29/3: 217–234
- Stiles WB, Shapiro DA (1989) Abuse of the drug metaphor in psychotherapy process – outcome research. *Clinical Psychology Review* 9: 521–543
- Strong SR (1987) Interpersonal influence theory as a common language for psychotherapy. *J Integrative and Eclectic Psychotherapy* 6/2: 173–184
- Takens F (1981) Detecting strange attractors in turbulence. In: Rand DA, Young LS (eds) *Lecture notes in mathematics*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 368–381
- Tschacher W, Schiepek G, Brunner EJ (eds) (1992) *Self-organization and clinical psychology*. Springer series in synergetics, vol 58. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo
- Weaver W (1978) *Wissenschaft und Komplexität*. In: Türk K (Hrsg) *Handlungssysteme*. Westdeutscher Verlag, Opladen, S 38–46
- Wolf A, Swift JB, Swinney HL, Vastano JA (1985) Determining Lyapunov exponents from a time series. *Physica* 16D: 285–317

Korrespondenz: PD Dr. Günter Schiepek, Westfälische-Wilhelms-Universität Münster, Psychologisches Institut I, Rosensstraße 9, D-48143 Münster, Bundesrepublik Deutschland.

PD Dr. Günter Schiepek, Hochschullehrer für Klinische Psychologie an der Universität Münster. Mitglied der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft für Systemische Therapie (ÖAS), der Deutschen Gesellschaft für Psychologie (DGPs) und der Society for Psychotherapy Research (SPR). Arbeitsschwerpunkte: Anwendung der Synergetik und der Theorie nichtlinearer dynamischer Systeme auf Psychotherapie, Ätiologie- und Verlaufsforschung psychischer Störungen (Schizophrenie, Alkoholismus, Depression), Emotionsforschung, Intra- und Intergruppaldynamik.

cand. psych. Guido Strunk, Mitarbeiter am Lehrstuhl für Klinische Psychologie an der Universität Münster. Koautor des Buches „Dynamische Systeme“ (Asanger-Verlag, Heidelberg).

Dr. Dipl. Phys. Zbigniew J. Kowalik, Mitarbeiter am Institut für Experimentelle Audiologie der Medizinischen Fakultät (HNO-Klinik) der Universität Münster. Habilitation im Bereich „Biosignalanalyse“. Arbeitsschwerpunkte: Nichtlineare EEG- und MEG (Magnetenzephalographie)-Analyse, Entwicklung nichtstationärer Verfahren der Chaosanalyse.