

FORSCHUNGSBERICHTE
DER
ABTEILUNG
FÜR
PSYCHOTHERAPIE

W. TSCHACHER

**Glossar von Fachbegriffen der
Theorie dynamischer Systeme**

Nr. 10-1



Glossar von Fachbegriffen der Theorie dynamischer Systeme

Wolfgang Tschacher



Prof. Dr. phil. Wolfgang Tschacher
Universitätsklinik für Psychiatrie
Abteilung für Psychotherapie
Laupenstrasse 49
CH-3010 Bern
Tel +41 31 3876164
Fax +41 31 3829020
e-mail: tschacher@spk.unibe.ch
www.upd.unibe.ch/

Vorbemerkung

Das vorliegende alphabetische Glossar hat zum Ziel, grundlegende Begriffe der Theorie dynamischer Systeme zu definieren und ihren wechselseitigen Bezug herauszustellen. Gelistet sind auch Begriffe der Psychologie, die in Zusammenhang mit systemtheoretischer Begrifflichkeit stehen. Es handelt sich um die aktualisierte Version des in meinem Buch "Prozessgestalten" (Tschacher 1997) abgedruckten Glossars. Auf die Aufnahme von Begriffen aus der geisteswissenschaftlichen und soziologischen Systemtheorie, wie auch aus der systemischen Therapie, habe ich aus Gründen der Übersichtlichkeit und konzeptuellen Klarheit verzichtet. Die Erweiterung könnte einer späteren Auflage vorbehalten sein.

Die folgenden Erläuterungen und Definitionen sind vorwiegend natürlichsprachlich abgefasst. Die so versuchte Verständlichkeit geht zu Lasten der Strenge der Begriffsbestimmungen. Für mathematische Begriffsbestimmungen siehe deshalb: Abarbanel et al. (1993); Abraham & Shaw (1992); Bergé, Pomeau & Vidal (1984); Eckmann & Ruelle (1985); Guckenheimer & Holmes (2002); Haken (1990); Kaplan & Glass (1995); Stöcker (1999); Thompson & Stewart (2001).

Bei diesem Glossar sind oft die detaillierteren Ausführungen in Tschacher (1997) zugrundegelegt; der Ort im Buch ist dann in eckigen Klammern angegeben. Im deutschsprachigen Raum gibt es eine Reihe weiterer Bücher, die Systemtheorie auf Psychologie anwenden: Ciompi (1997); Grawe (1998); Haken & Schiepek (2006); Hansch (2006); Kriz (1999); Strunk & Schiepek (2006); Tschacher, Schiepek & Brunner (1992). Englischsprachige Bücher zur Anwendung der Systemtheorie sind Guastello, Koopmans & Pincus (2008); Haken (1996); Kelso (1995); Tschacher & Dauwalder (2003); Tschacher & Bergomi (2011).

Glossar

Abbildung (mapping): eine Iteration der Form $X_{i+1} = F(X_i)$, die ein diskretes \rightarrow dynamisches System definiert (Beispiel: ein \rightarrow ARMA-Modell). Jedes kontinuierliche m -dimensionale dynamische System kann durch einen Poincaré-Schnitt in eine $(m-1)$ -dimensionale Abbildung mit denselben Stabilitätseigenschaften überführt werden.

ACF: Autokorrelationsfunktion. Bezeichnet die Korrelation einer Zeitreihe mit "sich selbst", d.h. mit einer identischen, um k lags verschobenen Zeitreihe [s. Prozessgestalten 3.1.1]. Die ACF ist Grundlage linearer Zeitreihenmodellierungen, etwa im \rightarrow ARMA-Modell oder bei der \rightarrow Vektorautoregression.

ARMA-Modell: lineares Modell der seriellen Abhängigkeit einer Zeitreihe. Diese Abhängigkeit wird entweder als Autoregression (AR) dargestellt, d.h. ein Wert ist ein mit einem Regressionsfaktor ϕ gewichteter vergangener Wert plus eine aktuelle \rightarrow Zufallsgrösse; und/oder es wird der aktuelle Wert der Zeitreihe verstanden als

Resultat der mit einem Faktor θ multiplizierten vergangenen Zufallseinwirkungen (MA: moving average-Prozess). Ein allgemeines ARMA(p,q)-Modell (autoregressive moving average), $z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$, ist zusammengesetzt aus einem AR-Modell p -ter Ordnung und einem MA-Modell q -ter Ordnung. [s. Prozessgestalten 3.1.1]

Attraktor: in einem \rightarrow dissipativen System führt die Kompression des \rightarrow Phasenraums dazu, dass eine Menge von Anfangszuständen auf eine kleinere Menge von stabilen Endzuständen hin konvergiert. Diese attrahierende Menge von Endzuständen ist in einem allgemeinen Sinne "homöostatisch" oder asymptotisch stabil, da Auslenkungen vom Attraktor ausgedämpft werden. Mehrere Attraktoren können im selben \rightarrow System koexistieren; der Wirkungsbereich jedes Attraktors heisst Einzugsbereich oder Bassin. \rightarrow Trajektorien, die in einem Bassin starten, enden auf dem zugehörigen Attraktor. [s. Prozessgestalten 3.1.2.2]

Autokorrelation: siehe \rightarrow ACF.

Bewusstsein: (Meta-)Kognition über die eigene Kognition in einem \rightarrow KES mündet ein in der \rightarrow Prozessgestalt des \rightarrow Selbst. Die \rightarrow Valenz für die Entstehung von Bewusstsein und Selbst ist die Interaktion mit anderen Individuen (der in der Regel eigenen Spezies). Bewusstsein ist ein \rightarrow Endosystem. [s. Prozessgestalten 9.2.2]

Bifurkation: qualitative Veränderung des \rightarrow Attraktors eines \rightarrow dynamischen Systems bei Variation der \rightarrow Kontrollparameter. Es gibt unterschiedliche Typen von Bifurkationen: determinierte und nichtdeterminierte, mit oder ohne Hysterese, Katastrophen und kontinuierliche Bifurkationen. [s. Prozessgestalten 3.2.3]

Bootstrap-Methode: hier in Zusammenhang mit Zeitreihenanalyse verwendet: eine Gruppe statistischer Verfahren, mit deren Hilfe ein artifizieller Vergleichsmassstab gewonnen wird, der es erlaubt, die Bedeutsamkeit einer Eigenschaft E_X einer Zeitreihe X einzuschätzen. Der Vergleichsmassstab entsteht durch die Generierung von Surrogatzeitreihen S aus der Indexzeitreihe (Ramseyer & Tschacher 2010). Die Eigenschaften E_S bilden eine Stichprobe aus einer Verteilung, an der E_X gemessen werden kann. Dies geschieht, wenn Normalverteilung der Population der Surrogateigenschaften angenommen werden kann, etwa mit Hilfe eines Effektmasses

$\xi = \frac{|E_X - \mu_S|}{\sigma_S}$, wobei σ_S und μ_S Standardabweichung und Mittelwert der

Surrogateigenschaften bedeuten. Die Art der Generierung der Surrogate bestimmt die Nullhypothese, die für E_X angenommen oder verworfen werden soll. Es können etwa Surrogate verwendet werden, deren Sequenz zufällig ist, die aber in Mittelwert und Varianz identisch mit der Indexzeitreihe sind (Nullhypothese: \rightarrow Zufall). Wichtig sind weiterhin Surrogate, die bezüglich Mittelwert, Varianz und Autokorrelation gleich sind (Nullhypothese: linear-korrelierter Zufallsprozess, \rightarrow ARMA(p,q)). Durch kritische Testung gegen sukzessiv weitergehende Surrogateigenschaften, mithin Nullhypothesen, kann versucht werden, die Vermutung einer bestimmten nichtlinearen Eigenschaft einer Zeitreihe (z.B. deterministisches \rightarrow Chaos) zu falsifizieren (Tschacher, Scheier & Hashimoto 1997). Die Bootstrappmethode eignet sich zur Einzelfallanalyse, kann aber auch in Gruppenstudien verwendet werden. [s. Prozessgestalten 8.2.1]

Cell assembly: eine Anordnung von kortikalen Neuronen, die physisch durch Synapsen verknüpft sind, und gemeinsam aktiv sein können. Ein Neuron kann Element mehrerer verschiedener cell assemblies sein. Eine cell assembly ist das neurobiologische Korrelat eines →Verhaltenskerns. Modellierung möglich durch neuronale Netzwerke.

Chaos, makroskopisches: (syn. deterministisches, finitdimensionales, niedrigdimensionales Chaos) eine nichtlineare Dynamik mit einer endlichen (niedrigen) Zahl von Freiheitsgraden. Makroskopisches Chaos (auch: deterministisches Chaos im Gegensatz zum nur stochastisch beschreibbaren mikroskopischen Chaos, dem →Zufall) ist definiert durch die Anwesenheit mindestens eines positiven →Lyapunov-Exponenten, der die charakteristische sensible Abhängigkeit von Anfangsbedingungen verursacht. Weiterhin charakteristisch ist das verrauschte Fourierspektrum chaotischer Dynamik. Makroskopisches Chaos mit Attraktoreigenschaften ist trotz der Nichtvorhersagbarkeit als →Prozessgestalt der Makroebene anzusehen, wobei mindestens drei →Ordnungsparameter in Form eines nichtlinearen Makrosystems interagieren. [s. Prozessgestalten 3.1.2.2]

Chaos, mikroskopisches: stochastische Dynamik der →Verhaltenskerne in Abwesenheit von →Valenzen (darwinistisch: Mutationsrate; in einem Gas: Brownsche Bewegung). Davon klar abzuheben ist das →makroskopische Chaos.

Chaotischer Attraktor: ein →dynamisches System mit einem positiven →Lyapunov-Exponenten (d.h. Divergenz in der zugehörigen Richtung des →Phasenraums) bei einer Netto-Kompression von Phasenraum. Ein chaotischer Attraktor (oft syn. seltsamer Attraktor) vereint also Nichtvorhersagbarkeit (chaotische Dynamik), Stabilität (attrahierende Dynamik) und Determinismus (finitdimensionale Dynamik ohne "eingebaute" Stochastik). Das topologische Funktionsprinzip des Rössler-Attraktors (des einfachsten chaotischen Attraktors) lautet: Trajektorien werden auf dem →Attraktor zuerst "ausgewalzt" und dann "zusammengefaltet", was in der Regel auch zu einer fraktalen ("seltsamen") Struktur des Attraktors führt ("stretching and folding"; Bäcker-Transformation entsprechend der Herstellung von Blätterteig).

DGL: Differentialgleichung. Eine Rechenvorschrift, die angibt, wie sich ein kontinuierliches →System verändert [z.B. Prozessgestalten Gleichung III.10]. Die unabhängige Variable ist bei →dynamischen Systemen die Zeit. Ein dynamisches System kann als ein kontinuierlicher Fluss (engl. flow) im m -dimensionalen →Phasenraum \mathfrak{R}^m definiert werden. Dieser flow ist durch eine Differentialgleichung festgelegt. Geometrisch entspricht ihm die Menge aller →Trajektorien in \mathfrak{R}^m , also das mögliche Verhalten eines Systems bei gegebenen →Kontrollparametern.

Dimensionalität: die Dimensionalität eines →Attraktors kann empirisch über seine Skalierungseigenschaften bestimmt werden. Euklidische Objekte haben eine ganzzahlige Dimension (ein Grenzzyklus, darstellbar durch eine Linie im Phasenraum, hat etwa die Dimension $d=1$). →Chaotische Attraktoren haben oft gebrochenzahlige (fraktale) Dimensionen. Es gibt numerische Verfahren, mit deren Hilfe die sog. Hausdorff-Dimension eines geometrischen Objekts (einer Punktmenge) im m -dimensionalen Einbettungsraum näherungsweise gemessen werden kann. Ein lineares Verfah-

ren zur Schätzung der Dimensionalität ist die Hauptkomponentenanalyse. [s. Prozessgestalten 3.1.2.2]

Dissipation: in der TDS (besonders mit dem Namen Ilya Prigogine verknüpft) bezeichnet Dissipation in Abhebung zu konservativen Systemen (in der Mechanik auch: Hamiltonischen Systemen) eine Dynamik, bei der eine Kompression von \rightarrow Phasenraum stattfindet. Allgemeiner wird der Begriff im Sinne von "Verstreuung" einer geordneten Größe durch ein offenes System verwendet. In physikalischen Systemen kann z.B. Bewegungsenergie durch Reibung in ungeordnete Wärmeenergie dissipiert werden (beim gedämpften Oszillator): dynamisch entspricht dies, wenn keine weitere Energie zugeführt wird, einem Punktattraktor (also Dissipation im ersteren Sinne). \rightarrow Dissipative Systeme werden auch syn. mit selbstorganisierenden Systemen gebraucht.

Diversifikation: Entstehung immer neuer Muster (\rightarrow Prozessgestalten) in selbstorganisierenden Systemen bei Variation der \rightarrow Kontrollparameter (\rightarrow Valenzen), insbesondere in \rightarrow Endosystemen (Tschacher & Tröndle 2010). Beispiel: die biologische Evolution (ein Endosystem) bringt laufend neue Spezies hervor, die ökologische Nischen schaffen und besiedeln. [s. Prozessgestalten 7.2]

Dynamical Disease (dynamische Krankheit): eine Störung oder Symptomatik, die vorteilhaft durch ein \rightarrow dynamisches System modelliert werden kann. Kandidaten sind vor allem solche Krankheiten, die durch regelhafte Dynamik ausgezeichnet sind [s. Prozessgestalten 8.2.1]

Einbettungsdimension: die Einbettungsdimension eines \rightarrow dynamischen Systems ist durch die Anzahl m der Zustandsvariablen des Systems gegeben, also derjenigen Größen, die nötig sind oder wären, das System vollständig zu beschreiben. Oft sind weder m noch die beschreibenden Größen bekannt, etwa wenn nur der Zeitverlauf einer einzelnen Observable eines Systems vorliegt; dann muss m geschätzt werden. Ein nicht-lineares Verfahren ist die "Methode der falschen nächsten Nachbarn" [s. Prozessgestalten 3.1.2.1], ein lineares Verfahren die Hauptkomponentenanalyse.

Endosystem: ein System X, innerhalb dessen entweder 1) Teilsysteme von X "versuchen", X zu modellieren und abzubilden (\rightarrow Selbstmodellierung), oder 2) \rightarrow Valenzen von X mit Prozessgestalten von X interagieren. Ein Endosystem wird auch als selbstreferentiell bezeichnet. Endosysteme sind (je nach \rightarrow SM) nichtstationär. [s. Prozessgestalten 6.1; Definition 7.2; Abb. 7.5], (Rössler 1994). Die Interaktion von Prozessgestalten und Valenzen als Grundlage von Endosystemen wird in Tschacher & Haken (2007) als "second circularity" bezeichnet (neben der die Synergetik begründenden zirkulären Kausalität) und als Grundlage von \rightarrow Intentionalität vorgeschlagen.

Endosystem, diversifizierendes: die Endosystemizität führt dazu, dass sich die \rightarrow Prozessgestalten im System im Laufe der Zeit qualitativ verändern, wobei jedoch der komplexitätsreduzierende (mustererzeugende) Anteil dieses nichtstationären Selbstorganisationsprozesses überwiegt. Es findet eine Evolution oder Koevolution von Prozessgestalten statt. [s. Prozessgestalten 9.3.1]

Endosystem, evolvierendes: syn. \rightarrow Endosystem, diversifizierendes

Endosystem, stochastisches: die Endosystemizität führt zu Nichtstationarität in einem Ausmass, dass die Komplexitätserhöhende Aktivität gegenüber der Komplexitätsreduzierenden überwiegt. Empirisch zeigt ein stochastisches Endosystem das Bild eines →Zufallsprozesses (z.B. ein System mit dynamischem Rauschen). [s. Prozessgestalten 9.3.1]

Evolution: Entstehung von Struktur durch Selektion. →Selbstorganisation ist eine Form von Evolution, jedoch nicht beschränkt auf biologische Systeme.

Exosystem: ein System, das keiner →Selbstmodellierung unterliegt, Antonym zu →Endosystem. Es wird durch einen externen Beobachter beobachtet und reagiert nicht auf die Tatsache der Beobachtung ("Einstein measurement"). [s. Prozessgestalten 6.1]

Fluss: Das dynamische System ist darstellbar durch ein Vektorfeld, das die Richtung und Stärke bestimmt, mit dem die System"kräfte" in jedem Punkt des Phasenraums angreifen. Diese Metapher bzw. mathematische Formalisierung eines dynamischen Systems wird als Fluss bezeichnet.

Flux: offene physikalische Systeme werden von Energie und/oder Materie "durchströmt". Dieses Durchströmen kann (in Abhebung von →Fluss im Phasenraum) als Flux bezeichnet werden. Offene Systeme sind bezüglich der Fluxes im thermodynamischen →Nichtgleichgewicht. Die Fluxes werden als Kontrollparameter quantifiziert. Ein Flux in einem KPS ist analog als ein Strom von valenter Information anzusehen, der ein motivationales Nichtgleichgewicht (ein Spannungssystem bei Lewin 1936) etabliert. Fluxes sind nur in offenen Systemen möglich und sind eine Voraussetzung für →Selbstorganisation. [s. Prozessgestalten 5.2]

Fraktal: ein Gebilde mit nichtganzzahliger →Dimensionalität. Seltsame →Attraktoren chaotischer Systeme sind in der Regel fraktal. Eine zusätzliche Eigenschaft von fraktalen Objekten kann die Selbstähnlichkeit (Skaleninvarianz) sein: Bei Vergrößerung eines Teils des Objekts findet sich in einem anderen Skalenbereich eine qualitativ ähnliche Gestalt des Objekts wieder (Kriz 1999).

Embodiment: Eine Strömung in der Psychologie und den Kognitionswissenschaften, derzufolge Kognition nicht ohne ihre körperliche Einbettung konzeptualisiert werden kann (Storch et al. 2010; Tschacher & Bergomi 2011). Kognition (das →KES) ist von →Kontrollparametern abhängig, unter denen immer auch körperliche Variablen sind. Embodiment ist entstanden insbesondere in der künstlichen Intelligenzforschung, der Sozial- und Kognitionspsychologie als Gegenposition zum Kognitivismus (physical symbol systems hypothesis).

Gestalt: Gestalten sind mannigfaltige, gegliederte Ganzheiten oder Konfigurationen, die sich als Figur von einem weniger gegliederten Grund abheben. [s. Prozessgestalten 4]. Gestalten zeigen viele Ähnlichkeiten mit →Ordnungsparametern selbstorganisierender Systeme (z.B. Komplexitätsreduktion, asymptotische →Stabilität), so dass in der Gestaltpsychologie eine frühe Form der Selbstorganisationspsychologie gesehen werden kann.

Grad der Selbstmodellierung (SM): der Grad/das Ausmass der Selbstmodellierung (SM) besagt, wie ausgeprägt die Reflexivität und Selbstreferenz eines kognitiven

Systems ist. Ein System mit hohem SM ist ein →Endosystem; entsprechend sind in ihm endosystemische Attribute zu erwarten: Nichtstationarität, Instabilität, Produktion von →Komplexität, Kreativität im Sinne der Emergenz neuer →Ordnungsparameter. [s. Prozessgestalten Definition 7.1]

Handlung: "intentionale" Dynamik von →KPS. →Intentionalität ist an makroskopisches Verhalten gebunden, daher ist Handlung eine makroskopische psychologische Variable, ein dem intentionalen Erleben (awareness: der Akteur weiss, dass er mit seinem Verhalten ein Ziel verfolgt, das Verhalten also mit einem Bezug auf etwas ausserhalb seiner selbst ausgestattet ist: "aboutness") zugängliches →Verhalten. Das Verhalten resultiert aus einem Selektionsprozess unter einer Vielzahl von (unbewussten) Verhaltenskernen. Handlungen werden also nicht durch innere oder äussere Reize oder gar Ziele gesteuert, sondern durch →Valenzen selektiert. [s. Prozessgestalten 7.1]

Homöostase: Prinzip der →Stabilität, des dynamischen (nicht: thermodynamischen!) Gleichgewichts. Der Begriff Homöostase stammt aus der Physiologie, wo er für die Konstanthaltung des inneren Milieus steht (also für einen Punktattraktor). Allgemein können als homöostatisch auch kompliziertere Formen attrahierenden (asymptotisch stabilen) Verhaltens bezeichnet werden.

Homunkulus: "Männchen", (syn. Dämon), Bezeichnung für eine (oft verdeckte) Pseudoerklärung innerhalb einer Theorie: das in Frage stehende Phänomen wird nicht erklärt, sondern in ein anderes Sachgebiet, an einen anderen Ort verlagert (eben den kleinen, steuernden Homunkulus), wo es aber unverändert erklärungsbedürftig bleibt. [s. Prozessgestalten 4.1; 9.2.1]. In den Nullerjahren des 21. Jahrhunderts war es in der Psychologie besonders beliebt, Explananda der Psychologie in die Neurobiologie auszulagern.

Intentionalität: Begriff in der Philosophie des Geistes, demzufolge mentale Akte dadurch ausgezeichnet sind, dass sie sich auf etwas ausserhalb ihrer selbst beziehen ("aboutness"). Dies kann als Ziel, Absicht, als Objekt eines Wissens oder Wollens wahrgenommen werden. Intentionalität kann im Rahmen der Synergetik verstanden werden als "zweite" →zirkuläre Kausalität zwischen →Ordnungsparametern und →Kontrollparametern (daher auch →Valenzen) eines selbstorganisierenden Systems (Tschacher & Haken 2007; Tschacher 2009; Haken & Tschacher 2010).

Isomorphismus: in der Gestaltpsychologie Annahme der Gleichgestaltetheit des psychologischen und physiologischen Bereichs: Gestaltgesetze gelten in beiden gleichermaßen. Bei Köhler (1920) Ausweitung auch auf physikalische Sachverhalte. [s. Prozessgestalten 4.4; 5.2]

Kalibrierung: Prozesse der Aufrechterhaltung und Stabilisierung der →Prozessgestalt "Selbst". Kalibrierung erfolgt im sozialen Kontakt, durch "Liebe" und Empathie, durch →Synchronie. Zusammenhang zur "Theory of Mind". Endosystemische Aspekte des KES (Kognition über das →Selbst) können der Kalibrierung zuwiderlaufen. [s. Prozessgestalten 9.2.2]

Kausalität: starke Formulierung der Kausalität: "Ähnliche Ursachen führen zu ähnlichen Folgen". Schwache Kausalität: "Gleiche Ursachen führen zu gleichen Folgen". In der Modellierung von \rightarrow Zeitreihen spielt die Granger-Kausalität eine grosse Rolle: Granger definierte Kausalität zwischen zwei stationären stochastischen Prozessen X_t and Y_t . X_t ist genau dann durch Y_t Granger-verursacht, wenn man X_t besser vorhersagen kann unter Verwendung aller verfügbarer Information als unter Verwendung aller verfügbarer Information minus der durch Y_t gegebenen Information. Der statistische Nachweis von Granger-Kausalität ist das primäre Ziel in der multivariaten Zeitreihenanalyse mittels \rightarrow Vektorautoregression und \rightarrow TSPA (Tschacher & Ramseyer 2009).

KES: Kognitiv-Emotionales System, repräsentiert ein Individuum aus psychologischer Sicht. Ein KES ist konzeptualisiert als ein hierarchisches System mit einer komplexen Mikroebene (bestehend aus sehr vielen \rightarrow Verhaltenskernen) und einer daraus emergierenden Makroebene (kognitiv-emotionale Prozessgestalten, z.B. überdauernde kognitiv-emotionale Zustände und \rightarrow Handlungen).

komplex: ein \rightarrow Sachverhalt (System) ist komplex, wenn er aus sehr vielen Komponenten besteht. \rightarrow Komplexität ist eine (triviale) Voraussetzung für \rightarrow Selbstorganisation.

Komplexität: Eigenschaft eines aus sehr vielen Komponenten bestehenden \rightarrow Sachverhaltes (Systems). Als Prozesseigenschaft kann die Komplexität nach ihrer Herkunft in "horizontale Komplexität" und "vertikale Komplexität" unterschieden werden. Horizontale Komplexität heisst der aus \rightarrow Selbstorganisation hervorgehende Anteil (entspricht in der Regel einer Komplexitätsreduktion); vertikale Komplexität heisst der durch \rightarrow Selbstmodellierung entstehende Komplexitätszuwachs. Die Komplexität eines Prozesses (etwa einer \rightarrow Zeitreihe aus Beobachtungsdaten) kann mit verschiedenen Massen geschätzt werden: algorithmische Komplexität ist ein Mass für die Komprimierbarkeit einer (univariaten) Zeitreihe bei Elimination ihrer Redundanz. Ordnung o (auch Ω , Landsberg order) bezeichnet den Kehrwert von Komplexität und kann aus den Varianzen und Kovarianzen einer multiplen Zeitreihe berechnet werden. [s. Prozessgestalten 6.2]

kompliziert: ein \rightarrow Sachverhalt (System) ist kompliziert, wenn seine Komponenten in nichttrivialer Weise (etwa durch eine nichtlineare Abhängigkeitsbeziehung) verknüpft sind. Nicht syn. zu \rightarrow komplex

Kontrollparameter: diejenigen Parameter (d.h. Variablen, die für eine gewisse Zeit als konstant angenommen werden können) der Umwelt eines Systems, die für ein \rightarrow dynamisches System relevant sind (die es also "kontrollieren"). Bei \rightarrow dissipativen Systemen sind diejenigen Parameter von besonderer Bedeutung, die die Gleichgewichtsferne des Systems bestimmen. Dies sind die "valenten" Parameter, die \rightarrow Fluxe. Die Kontrollparameter von KPS werden als \rightarrow Valenzen bezeichnet.

KPS: Komplexes Psychologisches System, z.B. ein Individuum (\rightarrow KES) oder eine Gruppe ($N \geq 2$) von Individuen (\rightarrow PSS). "Komplex" daher, weil das System als aus sehr vielen \rightarrow Verhaltenskernen aufgebaut konzeptualisiert ist.

Lebensraum: bei Lewin (1936) die Gesamtmenge aller Person- und Umweltvariablen, die das \rightarrow Verhalten der Person bestimmen ($V = f(P, U)$). Der Lebensraum ist eingebettet in eine Hülle nichtpsychologischer Dinge und Sachverhalte. Die "dynamisierende" Umformulierung des Lebensraum-Konzepts als $(\frac{d\vec{P}}{dt} = f_1(\vec{P}, \vec{U}, \nabla) + \varepsilon_t)$, $(\frac{d\vec{U}}{dt} = f_2(\vec{P}, \vec{U}, \nabla) + \varepsilon_t)$ [s. Prozessgestalten Gleichung (V.1), (V.2)] führt zur Anwendung von Selbstorganisationsprinzipien auf den Lebensraum [s. Prozessgestalten Definition 5.3]. Dadurch kann die Musterbildung im Lebensraum unter Vorgabe von \rightarrow Valenzen (als Ausdruck eines motivationalen \rightarrow Nichtgleichgewichts, eines \rightarrow Fluxes von valenter Umweltinformation) dargestellt werden.

Lebensraum, Hülle des: bei Lewin (1936) "Tatsachen, die nicht psychologischen Gesetzen unterliegen, jedoch den Zustand des \rightarrow Lebensraums beeinflussen". Fasst man den Lebensraum als \rightarrow KES auf, entspringen seiner (biologischen, physischen, kulturellen) Hülle die \rightarrow Nichtgleichgewichte, die psychologisch als \rightarrow Valenzen wirken. Dies ist die Grundlage der ökologischen Psychologie und wird in der Diskussion des \rightarrow Embodiment wiederentdeckt.

Lyapunov-Exponent: der Charakter eines \rightarrow Flusses im \rightarrow Phasenraum kann dadurch beschrieben werden, dass das Schicksal eines kleinen Phasenraumvolumens, das der Systemdynamik ausgesetzt ist, untersucht wird. Es ergibt sich ein Lyapunov-Exponent für jede der m Richtungen des Phasenraums. Positive Exponenten bedeuten Divergenz, negative Kompression. Ist die Summe aller Lyapunov-Exponenten $\sum_{i=1}^m \lambda_i = 0$, liegt ein konservatives dynamisches System vor ($\sum_{i=1}^m \lambda_i < 0$: \rightarrow dissipatives System). Ein dissipatives System mit einem positiven Exponenten definiert \rightarrow Chaos. [s. Prozessgestalten 3.1.2.2]

Modellierung: es ist Ziel der Zeitreihenanalyse, quantitative Modelle für longitudinale Beobachtungsdaten zu formulieren. Zwischen linearen und nichtlinearen Modellansätzen ist zu unterscheiden. Mit \rightarrow Bootstrap-Methoden kann über den geeignetsten Modellansatz entschieden werden. Bei der induktiven Modellierung wird von einem empirischen Datensatz auf ein \rightarrow dynamisches System geschlossen ("bottom-up"), deduktive Modellierung sucht aus theoretischen Annahmen eine Simulation eines \rightarrow Sachverhaltes zu entwickeln ("top-down"). [s. Prozessgestalten 3]

Nichtgleichgewicht: hier syn. mit \rightarrow Dissipativität, Entfernung vom thermodynamisch-statistischen Gleichgewicht (das thermodynamische Gleichgewicht wäre ein Zustand maximaler Unordnung/Entropie). Nicht im Newtonschen Sinne eines Kräfte-Ungleichgewichts zu verstehen.

Ordnung: Gegensatz zu \rightarrow Komplexität. Je weniger Information nötig ist, eine Zeitreihe (ein System) vollständig oder hinreichend zu beschreiben, desto geordneter ist sie. [s. Prozessgestalten 6.2.1]

Ordnungsparameter: (syn. Ordner) aus einer komplexen Mikroebene durch →Selbstorganisation hervorgehende makroskopische Variable. Die Dynamik der Ordnungsparameter erzeugt eine →Prozessgestalt. [s. Prozessgestalten 3.2.2]

PACF: partielle Autokorrelationsfunktion. Die Korrelation einer Zeitreihe mit sich selbst (um k lags verschoben), wobei der Einfluss der zwischenliegenden lags herauspartialisiert ist. Auffallende Werte der PACF bei höheren lags deuten auf saisonale, oszillative Dynamik der Zeitreihe hin.

Phasenraum: der durch die Zustandsvariablen aufgespannte geometrische / topologische Raum aller Verhaltensmöglichkeiten eines →dynamischen Systems. Liegen nur Zeitreihendaten einer einzelnen Observablen vor, kann ein Phasenraum nach dem Theorem von Takens mit zeitverzögerten Koordinaten rekonstruiert werden, wobei die topologischen Eigenschaften bewahrt bleiben. Die Darstellung einer Dynamik im Phasenraum wird Phasenportrait genannt. In der →TDS wird in der Regel für den Phasenraum eine Metrik angenommen, in der Distanzen definiert sind. Für die Psychologie setzt das zumindest eine Datengüte von Intervallskalenniveau voraus.

Prägnanz: in der Gestaltpsychologie Maß der Gestaltgüte. Das "Prägnanzgesetz" besagt, dass →Gestalten darauf hin tendieren, so prägnant ("gut", präzise, eindrucklich) wie möglich zu sein. Spezifischer in →KPS: Prägnanz ist die Fähigkeit einer →Prozessgestalt, das durch die →Valenzen ausgedrückte motivationale →Nichtgleichgewicht zu reduzieren. [s. Prozessgestalten Definition 5.6]. Prägnanz ist damit eine intentionale Eigenschaft: das prägnante System ist ein →Endosystem, denn es bezieht sich auf etwas, bezüglich dessen es optimiert ist (Tschacher & Haken 2007).

Prozessgestalt: durch spontane Musterbildung (→Selbstorganisation) aus einem →KPS hervorgegangener makroskopischer Prozess (beschreibbar durch die →Ordnungsparameter, die makroskopischen Zustandsvariablen des KPS). Prozessgestalten tendieren auf →Prägnanz hin. [s. Prozessgestalten 5.2]

PSS: Psycho-Soziales System. Eine Menge von 2 oder mehr psycho-sozial gekoppelter Individuen. [s. Prozessgestalten Definition 5.5]. Wichtiges Kennzeichen von PSS ist die →Synchronie ihres (nonverbalen) Verhaltens (Ramseyer & Tschacher 2006).

Sachverhalt: Wittgenstein (1921) bezeichnet grundlegend als "... Tatsache (...) das Bestehen von Sachverhalten."; "2.01 Der Sachverhalt ist eine Verbindung von Gegenständen (Sachen, Dingen)."; "2.011 Es ist dem Ding wesentlich, der Bestandteil eines Sachverhalts sein zu können." Ein wittgensteinscher Sachverhalt ist damit das, was man auch als System bezeichnet. [s. Prozessgestalten 6.1]

Selbst: hier verstanden als das "psychologische Selbst". →Prozessgestalt im →KES; introspektiv als Identität, als das selbstverständlich-Eigene vorfindlich. Zusammenhang mit: →Bewusstsein und →Endosystem.

Selbstmodellierung: Selbstmodellierung bezeichnet den Umstand, dass Beobachter eines Systems X zugleich Elemente von X sind. X umfasst also interne Beobachter. X ist daher ein →Endosystem. Der Modus der Beobachtung bei gegebener →Selbstmodellierung ist "Heisenberg measurement". Wenn X ein selbstorganisierendes System ist, ist Selbstmodellierung äquivalent zu einer Situation, bei der

→Prozessgestalten die →Valenzen des Systems X beeinflussen. [s. Prozessgestalten Abb. 7.5]

Selbstorganisation: in einem komplexen und offenen System auftretende Tendenz zur spontanen Ordnungsbildung (Musterbildung; pattern formation). Zeichen und definierendes Merkmal von Selbstorganisation ist die Reduktion der Freiheitsgrade eines komplexen Systems (syn. Komplexitätsreduktion, Symmetriebrechung). Weiteres Merkmal ist die Autonomie des Systems bezüglich der Muster (in der Synergetik: Ordner, syn. →Ordnungsparameter), die sich bilden: diese sind nicht durch die Randbedingungen (→Kontrollparameter) determiniert, sondern können als eine emergente Hervorbringung des durch die Kontrollparameter getriebenen Systems gelten (Haken 1990; 2005).

Soziophysiologische Kopplung: psycho-soziale Synchronisationen auf der Ebene physiologischer Parameter. Starke soziophysiologische Kopplung: Physiologische Signale werden direkt im Sinne einer Synchronisation von Oszillatoren gekoppelt (entrainment, Phasenkopplung des EKG, der Atmung). Schwache soziophysiologische Kopplung: Aus physiologischen Massen abgeleitete (sekundäre) Variablen werden sozial gekoppelt (z.B. gemeinsame Variation von mittlerer Herzfrequenz; Alpha-Anteil im EEG). Soziophysiologische Kopplung ist ein Beispiel von Komplexitätsreduktion (Bildung einer →Prozessgestalt in einem →PSS) durch soziale Interaktion, im Sinne von →Synchronie. Bei einer soziophysiologischen Studie werden oft auch motorische Variablen (Gestik, Mimik, motorische Aktivität) erhoben. [s. Prozessgestalten 8.6.1]. Soziophysiologische Kopplung ist Teil des →Embodiment der sozialen Kognition.

Spektralanalyse: Methode der linearen →Modellierung einer Zeitreihe durch Zerlegung in Schwingungskomponenten. Im Prinzip wird dieselbe Information ausgeschöpft, die auch in der →ACF enthalten ist, die als Ausgangspunkt für →ARMA-Modelle dient. [s. Prozessgestalten 3.1.1]

Stabilität: ein Fixpunkt \bar{x} wird stabil genannt, wenn eine Lösung des Systems $x(t)$, das sich in der Nachbarschaft von \bar{x} befindet, mit wachsendem t in der Nachbarschaft verbleibt. Ein Fixpunkt \bar{x} wird asymptotisch stabil genannt, wenn für eine Lösung des Systems $x(t) \rightarrow \bar{x}$ für $t \rightarrow \infty$ gilt. Ein Attraktor ist global stabil, wenn gezeigt werden kann, dass dies nicht nur für Lösungen in seiner Nachbarschaft gilt. Stabilität kann über eine Lyapunov-Funktion verstanden werden (bei mechanischen Systemen oft Energie), die entlang der Trajektorien (Lösungskurven) des Systems abnimmt. [s. Prozessgestalten 3.2.1]

Surrogatdatenmethode: auch Surrogattest, s. →Bootstrap-Methode.

Synchronie: ein Musterbildungsprozess auf nonverbaler Ebene in →PSS und →TS, hervorgehend aus nonverbaler Kopplung der Individuen des Systems (Ramseyer & Tschacher 2006). Für das Phänomen der Synchronie werden viele Begriffe verwendet, z.B. Mimikry, emotionale Ansteckung, mirroring, Chameleon-Effekt, s. Ramseyer 2010). Synchronie wird oft als →Embodiment von Empathie, Attachment etc. angesehen (Storch et al. 2010). Synchronie ist von Bedeutung in →TS, da mit positiver Therapiebeziehung und Outcome assoziiert. Ein neurobiologisches Korrelat wird im System der Spiegelneuronen vermutet.

System: eine Menge von Gegenständen (Elementen, Komponenten), die in Beziehung zueinander stehen; ein Sachverhalt. Klassischerweise wird ein System durch einen externen Beobachter aufgrund von Kriterien definiert: solche Kriterien sind 1) die Art der Beziehung, 2) Attribute der Komponenten, 3) Festlegung der Systemgrenze. Komplexe Systeme bestehen aus sehr vielen Komponenten, die die Mikroebene des komplexen Systems darstellen. [s. Prozessgestalten 6.1]

System, dissipatives: oft syn. selbstorganisierendes System. Gegensatz zu \rightarrow konservatives System.

System, dynamisches: ein dynamisches System ist ein \rightarrow Sachverhalt, für den 1) eine Regel (Rechenvorschrift, Gleichung) angegeben werden kann, die besagt, wie sich dieser Sachverhalt in der Zeit ändert; 2) eine Angabe über den Zustand des Sachverhalts zu einem Zeitpunkt t_0 vorliegt. Ein kontinuierliches dynamisches System kann mit einem Satz von m Differentialgleichungen erster Ordnung unter Angabe von Anfangswerten beschrieben werden. Ein diskretes dynamisches System ist durch eine Iterationsvorschrift (\rightarrow Abbildung) gegeben. Beliebige weitere Formen von dynamischen Systemen sind möglich (z.B. Angabe eines Vektorfeldes im \rightarrow Phasenraum; Definition eines zellulären Automaten in einem Computer etc.).

TDS: Theorie dynamischer Systeme.

Time Series Panel Analysis (TSPA): eine Zeitreihenmethode, durch die eine Stichprobe oder Gruppe von Einzelmodellen (in der Regel \rightarrow Vektorautoregressionsmodelle) statistisch zu einem prototypischen Modell aggregiert werden (Tschacher & Ramseyer 2009). TSPA verbindet damit idiografische mit nomothetischer Modellierung, da eine generalisierte Aussage über Wirkungsgefüge angestrebt wird.

Trajektorie: eine kontinuierliche Abfolge von Zuständen eines dynamischen Systems ergibt geometrisch eine Kurve im \rightarrow Phasenraum, die "Flugbahn", die die Dynamik des Systems nimmt. Eine Trajektorie ist eine Lösungskurve für ein Anfangswertproblem (\rightarrow dynamisches System), das durch einen Anfangswert x_0 und eine Differentialgleichung $F(x,t)$ gegeben ist. Eine grundlegende Forderung der TDS ist, dass sich Trajektorien nicht schneiden können.

TS: Therapiesystem, ein \rightarrow PSS; bestehend aus Therapeut(en) und Patient(en). Systemtheoretisch modellierbar in \rightarrow TS ist die wechselseitige Kopplung (Tschacher, Ramseyer & Grawe 2007) und nonverbale \rightarrow Synchronie (Ramseyer & Tschacher 2008).

Valenz: Sammelbegriff für eine motivationale Variable in einem \rightarrow KPS. Die motivationale Funktion bildet dabei lediglich eine Randbedingung, unter der sich die \rightarrow Verhaltenskerne eines KPS so selbst organisieren, dass eine \rightarrow Prozessgestalt entsteht. In Begriffen der Synergetik: Valenz heisst der \rightarrow Kontrollparameter, der den Rahmen für die Ordnungsbildung im psychologischen System vorgibt. Valenzen sind in der Regel Parameter, die das informationelle/motivationale \rightarrow Nichtgleichgewicht des (informationsoffenen) KPS beschreiben (Tschacher & Haken 2007). Der Valenzraum kann mehrdimensional sein. Valenzen entstammen der "Hülle nichtpsychologischer Tatsachen" Lewins. Bei Lewin werden Valenzen (ursprüngl. "Aufforderungscharakter",

auch "Affordanz") als Spannungszustände oder Kraftfeld im \rightarrow Lebensraum gefasst; diese Kräfte- bzw. Vektormetapher ist dem Valenzbegriff hier nicht eigen. [s. Prozessgestalten Definition 5.4; Postulat 6.3]

Vektorautoregression (VAR): lineares Modell der seriellen Abhängigkeit einer multivariaten \rightarrow Zeitreihe. Diese Abhängigkeit wird als Autoregression (AR) eines Vektors (bestehend aus den Zeitreihenvariablen) dargestellt (vgl. \rightarrow ARMA-Modell). d.h. ein Wert ist ein mit einem Regressionsfaktor ϕ gewichteter vergangener Wert plus eine aktuelle \rightarrow Zufallsgrösse.

Verhalten: (syn. Handlung) makroskopische Dynamik von \rightarrow KPS. Vorausgegangen ist die Bildung einer \rightarrow Prozessgestalt, in der ein \rightarrow Verhaltenskern makroskopisch effektiv wird.

Verhaltenskern: Element eines \rightarrow KES, eine mikroskopische psychologische Variable. Ein hypothetisches Konstrukt (vergleichbar den Bewegungsformen der Komponenten des Bénard-Systems), das eine rudimentäre Verhaltenstendenz oder -bereitschaft bezeichnet. [s. Prozessgestalten Postulat 6.1]

Zufall: (syn. noise, Rauschen, stochastischer Anteil) Bezeichnung für einen nicht weiter aufklärbaren, erratischen Teil der Dynamik eines Systems. Der Zufallsanteil der Dynamik ist derjenige Teil der Varianz, der mit keiner anderen Variable in Zusammenhang gebracht werden kann. Es ist Ziel der \rightarrow Modellierung, den Zufallsanteil möglichst klein zu machen (z.B. indem anscheinend zufällige Varianz als \rightarrow makroskopisches Chaos modelliert wird). Quellen von Zufallseinflüssen können verschieden sein: Beobachtungsfehler (in der Modellierung additiver Term "observational noise"), Systemfluktuationen und Umweltfluktuationen (zu modellieren als fluktuierende Valenzen mit u.U. gravierenden Auswirkungen auf die Dynamik: "dynamical noise"). Dynamical noise ist ein mögliches Resultat eines \rightarrow stochastischen Endosystems.

Zeitreihe: Datengrundlage der longitudinalen \rightarrow Modellierung von Systemen. Eine Zeitreihe ist eine nach diskreten Zeitpunkten $t = 1, 2, \dots, T$ geordnete Abfolge von Beobachtungen X_t . Eine multiple Zeitreihe aus i verschiedenen Observablen ist entsprechend durch einen Vektor \mathbf{X}_t gegeben. Zeitreihen werden in der Regel als Zeitreihengraph (mit t als Abszisse) oder als Phasenportrait im \rightarrow Phasenraum dargestellt.

Zirkuläre Kausalität: der Kernbefund der Synergetik ist, dass zwischen Mikroebene und Makroebene (\rightarrow Ordnungsparameter) eines komplexen Systems wechselseitige top-down und bottom-up-Interaktionen vorkommen. Bottom-up: Ordnungsparameter emergieren aus mikroskopischer Dynamik; Top-down: Dynamiken der Mikroelemente (\rightarrow Verhaltenskerne) werden durch Ordnungsparameter versklavt (Haken 1990). Eine Erweiterung dieses grundlegenden zirkulären Prozesses ist die "second circularity" zwischen Kontrollparametern (psychologisch: \rightarrow Valenzen) und dem selbstorganisierenden Mikro-Makro-System, die ein \rightarrow Endosystem definiert (Tschacher & Haken 2007).

Zustandsraummodell: eine Form der linearen \rightarrow Modellierung von \rightarrow Zeitreihen. Die Grundgleichungen sind eine Beobachtungsgleichung (observation equation):

"Beobachtung=Signal+noise", sowie eine Übergangsgleichung (transition equation), die den m -dimensionalen Zustandsvektor auf der Basis vergangener Zustände aktualisiert. Die Modellierung mit Zustandsraummodellen eignet sich insbesondere bei multiplen Zeitreihen von Beobachtungen der Zustandsvariablen. Zustandsraummodelle mit Berücksichtigung nur der autoregressiven Komponente sind →Vektorautoregressionen. Zustandsraummodelle der Ordnung 1 sind psychologisch gut interpretierbar (als Wirkungsgefüge verschiedener Variablen eines Systems).

Literatur:

- Abarbanel HDI, Brown R, Sidorowich JJ & Tsimring LS (1993). The analysis of observed chaotic data in physical systems. *Reviews of Modern Physics*, 65, 1331-1392.
- Abraham RH & Shaw CD (1992). *Dynamics - The Geometry of Behavior*. Redwood City: Addison-Wesley.
- Bergé P, Pomeau Y & Vidal C (1984). *Order Within Chaos. Towards a deterministic approach to turbulence*. New York: Wiley.
- Ciampi L (1997). *Die emotionalen Grundlagen des Denkens: Entwurf einer fraktalen Affektlogik*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Eckmann J-P & Ruelle D (1985). Ergodic theory of chaos and strange attractors. *Reviews of Modern Physics*, 57, 617-656.
- Grawe K (1998). *Psychologische Therapie*. Göttingen: Hogrefe.
- Guastello S, Koopmans M, & Pincus D (2008). *Chaos and Complexity: Recent advances and future directions in the theory of nonlinear dynamical systems psychology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Guckenheimer J & Holmes P (2002). *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields*. New York: Springer.
- Haken H (1990, 3. Aufl.). *Synergetik — eine Einführung. (Nichtgleichgewichts-Phasenübergänge und Selbstorganisation in Physik, Chemie und Biologie)*. Berlin: Springer.
- Haken H (1996). *Principles of Brain Functioning: A synergetic approach to brain activity, behavior, and cognition*. Berlin: Springer.
- Haken H (2005, 2nd ed.). *Information and Self-Organization (A Macroscopic Approach to Complex Systems)*. Berlin: Springer.
- Haken H & Schiepek G (2006). *Synergetik in der Psychologie. Selbstorganisation verstehen und gestalten*. Göttingen: Hogrefe.
- Haken H & Tschacher W (2010). A theoretical model of intentionality with an application to neural dynamics. *Mind and Matter*, 8, 7-18.
- Hansch D (2006). *Erfolgsprinzip Persönlichkeit. Selbstmanagement mit Psycho-synergetik*. Heidelberg: Springer.
- Kaplan D & Glass L (1995). *Understanding Nonlinear Dynamics*. New York: Springer.
- Kelso JAS (1995). *Dynamic Patterns: The self-organization of brain and behavior*. Cambridge: MIT Press.
- Köhler W (1920). *Die physischen Gestalten in Ruhe und in stationärem Zustand*. Braunschweig: Vieweg.
- Kriz J (1999). *Systemtheorie für Psychotherapeuten, Psychologen und Mediziner. Eine Einführung*. Wien: Facultas Universitätsverlag.
- Lewin K (1936). *Principles of Topological Psychology*. New York: McGraw-Hill. (deutsche Ausgabe (1969): *Grundzüge der topologischen Psychologie*. Bern: Huber).

- Nicolis G & Prigogine I (1987). *Die Erforschung des Komplexen*. München: Piper.
- Ramseyer F (2010). Nonverbale Synchronisation in der Psychotherapie. *Systeme*, 24, 5-30.
- Ramseyer F & Tschacher W (2006). Synchrony: A core concept for a constructivist approach to psychotherapy. *Constructivism in the Human Sciences*, 11, 150-171.
- Ramseyer F & Tschacher W (2008). Synchrony in dyadic psychotherapy sessions. In: Vrobel S, Roessler OE, & Marks-Tarlow T (eds.) *Simultaneity: Temporal structures and observer perspectives* (pp. 329-347). Singapore: World Scientific.
- Ramseyer F & Tschacher W (2010). Nonverbal synchrony or random coincidence? How to tell the difference. In: Esposito A, Campbell N, Vogel C, Hussain A, & Nijholt A (eds.) *Development of Multimodal Interfaces: Active Listening and Synchrony* (pp. 182-196). Berlin: Springer.
- Rössler OE (1994). Endophysics — Descartes taken seriously. In: Atmanspacher H & Dalenoort GJ (Eds.), *Inside Versus Outside*, (S. 153-162). Berlin: Springer.
- Stöcker H (1999, 4. Aufl.) *Taschenbuch mathematischer Formeln und moderner Verfahren*. Thun: Verlag Harri Deutsch.
- Storch M, Cantieni B, Hüther G & Tschacher W (2010, 2. Aufl.). *Embodiment. Die Wechselwirkung von Körper und Psyche verstehen und nutzen*. Bern: Huber.
- Strunk G & Schiepek G (2006). *Systemische Psychologie. Eine Einführung in die komplexen Grundlagen menschlichen Verhaltens*. München: Elsevier.
- Thompson JMT & Stewart HB (2001, 2nd ed.). *Nonlinear Dynamics and Chaos*. Chichester: Wiley.
- Tschacher W (1997). *Prozessgestalten — die Anwendung der Selbstorganisations- theorie und der Theorie dynamischer Systeme auf Probleme der Psychologie*. Göttingen: Hogrefe.
- Tschacher W (2009). Intentionality: A naturalization proposal on the basis of complex dynamical systems. *Encyclopedia of Complexity and Systems Science* (pp. 4893–4902). New York: Springer.
- Tschacher W & Bergomi C (eds.) (2011). *The Implications of Embodiment: Cognition and Communication*. Exeter: Imprint Academic.
- Tschacher W & Dauwalder J-P (eds.) (2003). *The Dynamical Systems Approach to Cognition*. Singapore: World Scientific.
- Tschacher W & Haken H (2007). Intentionality in non-equilibrium systems? The functional aspects of self-organized pattern formation. *New Ideas in Psychology*, 25, 1-15.
- Tschacher W & Ramseyer F (2009). Modeling psychotherapy process by Time-Series Panel Analysis (TSPA). *Psychotherapy Research*, 19, 469-481.
- Tschacher W, Ramseyer F & Grawe K (2007). Der Ordnungseffekt im Psychotherapieprozess: Replikation einer systemtheoretischen Vorhersage und Zusammenhang mit dem Therapieerfolg. *Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie*, 36, 18-25.
- Tschacher W, Scheier C & Hashimoto Y (1997). Dynamical analyses of schizophrenia courses. *Biological Psychiatry*, 41, 428-437.
- Tschacher W, Schiepek G, & Brunner EJ (eds.) (1992). *Self-Organization and Clinical Psychology. Empirical approaches to synergetics in psychology*. Berlin: Springer.
- Tschacher W & Tröndle M (2010). A dynamic systems perspective on fine art and its market. *Futures*, 42, xx–xxx.
- Wittgenstein L (1975). *Tractatus logico-philosophicus*. Frankfurt: Suhrkamp. (Erstveröff. 1921).