

***John Briggs & F. David Peat: Die Entdeckung des Chaos. Eine Reise durch die Chaos-Theorie. dtv sachbuch (30349), München 1993, DM 16,90***

Wenn ein im Detail hochkompliziertes Theoriengebilde unter der Bezeichnung „Chaos-Theorie“ nicht nur immer mehr Wissenschaftler sondern auch breite Bevölkerungskreise fasziniert, so ist damit wohl mehr als nur eine Modeerscheinung verbunden. Mit dem präzisen Begriff „deterministisches Chaos“ ist die Tatsache gemeint, daß selbst einfachste mathematische Operationen unter bestimmten Bedingungen zu prinzipiell unberechenbaren Ergebnissen führen. Es geht dabei nicht um vernachlässigbare Fragen von „Genauigkeit“, sondern um ein grundsätzliches Phänomen jener Klasse von nicht-linear rückgekoppelten Prozessen, dem jede beliebige (endliche) Genauigkeit nicht abzuwehren vermag. Schlimmer noch: Es gibt gute theoretische Gründe und eine rasch wachsende Fülle empirischer Belege dafür, daß diese überraschende Grenze menschlicher Erkenntnisfähigkeit und Berechenbarkeit nicht nur Spezialbereiche der Wissenschaft betrifft, sondern daß diese Art mathematischer Beschreibung sich insbesondere für Alltagsphänomene eignet, womit die Grenzen der Vorhersagbarkeit und Berechenbarkeit auch auf diese übertragbar werden.

So paßt die Thematik der Chaos-Theorie gut in eine Zeit, in der die Verseuchung von Meeren, Gewässern und der Luft, Hungersnöte durch eine bornierte „Entwicklungshilfe“, Lawinen von abgeholzten Ski-Bergen, sowie viele andere „ökologische Katastrophen“, die wir erleben (und weitere, die sich anbahnen), nationale- und Weltwirtschaftskrise, die Dämpfung der medizin-technologischen Machbarkeits-Euphorie und andere Problembereiche auch dem Laien inzwischen überdeutlich die Probleme nicht-linear rückgekoppelter Systeme vor Augen führten: Die bislang scheinbar so erfolgreichen Ursache-Wirkungs-Modelle greifen immer weniger in einer Welt, die durch die technischen (auch: kommunikationstechnischen) Möglichkeiten in ihren Teilbereichen miteinander so verbunden ist, daß die Wirkung von Eingriffen oft nicht lokal begrenzt bleibt. Der gutgemeinte „Korrektur-Eingriff“ eines wahrgenommenen „Mißstandes“ an einer Stelle kann sich dann netzwerkartig in seiner Wirkung ausbreiten und zu unübersehbaren Folgen führen. Statt dessen müssen viele Phänomene eingebunden in komplexe, rückgekoppelte Netzwerke - d. h. in Systeme - verstanden werden. Damit verbunden ist eine andere Sichtweise auf den Umgang mit der „Welt“ (einschließlich des Menschen): Die Natur läßt sich nur „beherrschen“, wenn wir ihr „Gesetz und Ordnung“ nicht nach Gutdünken aufzwingen, sondern wenn wir im Einklang mit der Natur handeln. Statt linearer Vermehrung einzelner Größen müssen wir schleunigst lernen, systemische Zusammenhänge nicht länger zu ignorieren und z. B. die „Umwelt“ als eine „Mitwelt“ begreifen.

Mit der „Chaos“-Theorie wird dabei aber nur eine Seite eines eher als dialektisch zu verstehenden Zusammenhanges zwischen Chaos und Struktur im Verhalten solcher dynamischer Systeme thematisiert: Diese umfassenderen Theorien beinhalten einerseits das spontane, selbstorganisierte Entstehen („Emergenz“) von

Strukturen aus „mikroskopischem“ oder „grauem“ Chaos (wie z. B. der Bewegung zahlreicher Moleküle), sowie Fragen von Stabilität und Instabilität solcher makroskopischer Strukturen und der Übergänge von einem Strukturzustand in einen anderen („Phasenübergang“). Der von der Chaos-Theorie im engeren behandelte Themenbereich betrifft dabei das Verhalten solcher makroskopischen Strukturen bei Phasenübergängen bzw. im Langzeitverhalten bestimmter Dynamiken. Besonderes Interesse gilt dabei Systemen, deren Dynamiken in bestimmten Dimensionen Stabilität aufweisen („attrahieren“) sich in anderen Dimensionen aber chaotisch verhalten - sog. chaotische (oder: seltsame) Attraktoren, die, als geometrische Gebilde dargestellt, gebrochenzahlige Dimensionen aufweisen - sog. Fraktale.

Die bereits oben erwähnte Beziehung zu Alltagsphänomenen wird bei fraktalen Formen offensichtlich, die bemerkenswerte Ähnlichkeiten mit natürlichen Formen wie Wolken, Küstenlinien, Pflanzen usw. aufweisen. So hat bereits das „GEO-Wissen“-Heft über Chaos vom Mai 1990 sich einen Spaß daraus gemacht, einige Photos von typischen Alltagsphänomenen zu präsentieren - von der chaotischen Turbulenz des Rauches einer Zigarette, über die Strukturen verrührter Milch in einer Tasse mit Kaffee, bis hin zum fraktalen Muster des Schnittes durch den Rotkohl. Da sich zudem die formalen Beschreibungen solcher natürlicher Formen, die mit Hilfe der klassischen Geometrie unglaublich kompliziert wären, nun im Rahmen fraktaler Geometrie als verblüffend einfach erweisen, liegt der Schluß nahe, daß solche einfachen Regeln mit Prinzipien der Natur in Korrespondenz stehen. Es ist daher verständlich, daß inzwischen das System der Blutgefäße (insgesamt und in bestimmten Zonen, wie z. B. der Retina), das Harnsammelsystem oder die Lunge mit dem Gesamtsystem der Bronchialverästelungen, aber auch z. B. das Frequenzspektrum des Herzens, die Oberflächenstruktur von Proteinen und viele andere Bereiche „natürlichen Lebens“ ebenfalls mit Hilfe fraktaler Geometrie erfolgreich beschrieben und untersucht werden.

In Fernsehsendungen, Magazinen (sogar dem SPIEGEL war das Chaos jüngst Titelgeschichte und Serie wert) und Taschenbüchern wird zunehmend (und in unterschiedlicher Seriösität) von erstaunlichen Ergebnissen und Zusammenhängen berichtet, die sich in diesem Gebiet ergeben haben. In die Fülle jener Bücher, die versuchen, die Chaosforschung - oder sagen wir lieber: die umfassenderen Theorien nichtlinearer dynamischer Systeme - für ein interessiertes Laienpublikum aufzubereiten, reiht sich auch das Buch des Psychologen Briggs und Physikers sowie Wissenschaftspublizisten Peat, das nach der Carl-Hanser-Ausgabe von 1990 nun als preiswerte Taschenbuchausgabe vorliegt.

Das Buch ist reich bebildert, faktenreich, interessant geschrieben und ohne Vorkenntnisse zu verstehen. Bemerkenswert ist der Aufbau des Buches: Entsprechend der oben skizzierten Dialektik von Chaos und Struktur versuchen die Autoren den Prozeß „von der Ordnung zum Chaos“ (so die Gesamtüberschrift für die ersten vier Kapitel) als Spiegelbild des Prozesses „vom Chaos zur Ordnung“ (die Gesamtüberschrift für die letzten vier Kapitel) zu präsentieren. Diese Metapher geht dabei so weit, daß diese letzten vier Kapitel rückwärts von 4 bis 1 gezählt werden, sogar - als

Spiegelbild des Anfangs - von einem „Prolog“ und „Vorwort“ beendet werden, und das zentrale Kapitel in der Mitte des Buches als „Kapitel 0“ die Bezeichnung „Der Spiegel. Von Ordnung zum Chaos und wieder zur Ordnung“ erhielt. In der Tat wäre es klärend, spannend und verdienstvoll gewesen, die Übergänge von Ordnung ins Chaos denen von Chaos in Ordnung quasi spiegelbildlich gegenüber zu stellen - eine Aufgabe, die sicher nicht in jedem Detail einfach, in Einzel-Aspekten auf dem derzeitigen Kenntnisstand vielleicht sogar noch nicht möglich wäre, aber zumindest der ernsthafte Versuch hätte sich gelohnt. So aber bleibt die Spiegel-Idee bei Briggs und Peat nur ein formaler Gag der Gliederung. Während der Leser für das Verständnis der Prozesse von Ordnung zum Chaos durchaus die „gängige“ Fachliteratur präsentiert bekommt, hätte „auf der anderen Seite“, dem Weg von Chaos zur Ordnung, eine Auseinandersetzung mit den Theorien und Ergebnissen aus dem Bereich der Selbstorganisation und Strukturbildung erfolgen müssen. In einem Kapitel über die dissipativen Strukturen von PRIGOGINE wurde dieser Themenbereich zwar angegangen, und auch die anderen Kapitel enthalten durchaus Interessantes (z. B. über „Solitone“ - faszinierend stabile Wellen, die im Wasser und in anderen Medien unter besonderen Umständen beobachtet werden können), doch zum Thema der „Ordnungsbildung“ trägt das wenig bei.

Diese Ungleichgewichtigkeit der beiden Themenbereiche ist kein Zufall: So ist es keineswegs neu, daß amerikanische Autoren vor allem wahrnehmen, was Amerikaner geschrieben und erforscht haben. Und während zum Wege von Ordnung zum Chaos mit LORENZ, FEIGENBAUM, MANDELBROT, TAKENS und RUELLE Amerikaner bedeutende Beiträge geleistet haben, wären bei den Wegen der Strukturbildung vom Chaos zur Ordnung eher nicht amerikanische Leistungen zu würdigen gewesen. So konnte zwar der Europäer PRIGOGINE wegen seines Nobelpreises 1977 nicht ignoriert werden. Übersehen wurde aber das wohl umfassendste interdisziplinäre Forschungsprogramm zur selbstorganisierten Bildung von Strukturen, die sog. „Synergetik“ des deutsche Physikers Hermann HAKEN, obwohl allein die angelsächsische und in den USA durchaus verfügbare „*Springer Series in Synergetics*“ über 60 Bände und weit über 1000 Forschungsarbeiten (zu ca. der Hälfte sogar von Amerikanern) umfaßt. Entsprechend wird eine „revolutionäre Rückkopplungstheorie der Evolution“ von Lynn MARGULIS aus Boston über mehrere Seiten dargestellt, das „Gegenstück“, die Theorie des Hyperzyklus, nach der Leben mittels Selbstorganisation aus der „Ursuppe“ entstand, des deutschen Nobelpreisträgers Manfred EIGEN, bleibt unerwähnt. Unerwähnt bleiben auch - als drittes Beispiel - die beiden chilenischen Wissenschaftler Humberto MATURANA und Francisco VARELA, deren Theorie der „Autopoiese“ seit vielen Jahren international breit diskutiert wird. Lediglich der Begriff selbst taucht am Rande auf, mit der Behauptung, „die Eigenschaft der ständigen Selbsterneuerung“ werde „von den Wissenschaftlern mit dem Begriff ‘Autopoiese’ definiert“. Und wenn im folgenden Satz „autopoietische Strukturen“ als „offene Systeme“ definiert werden, so widerspricht dies der Tatsache, daß MATURANA und VARELA den Begriff Autopoiese gerade für geschlossene Systeme geprägt haben.

Mit der letzteren Bemerkung ist bereits eine typische der m.E. allzu zahlreichen Ungenauigkeiten - um nicht von Fehlern zu sprechen - erwähnt. Es sei den Autoren zugestanden, daß die Darstellung der durchaus anspruchsvollen Theorien und Erkenntnisse auf populärwissenschaftlichen Niveau immer eine Gratwanderung zwischen Unverständlichkeit und Vereinfachung zum Mißverständlichen mit sich bringt. Allerdings finden sich auch an vielen unnötigen Stellen so saloppe Formulierungen, daß sie Fehlinterpretationen Tor und Tür öffnen. So wird z. B. S. 84 zu einer Zeichnung des sog. „FEIGENBAUM-Szenarios“ - dessen genaue Bedeutung sicher nicht einfach ist und ausführlich erklärt werden müßte - der Text: „Diese Zeichnung veranschaulicht, wieviel Struktur im Chaos verborgen liegt, und bietet so ein weiteres Abbild des seltsamen Attraktors.“ Nicht nur, daß der Leser ohne weitere Fachbücher sicher auch nicht nur annähernd die Bedeutung der Zeichnung verstehen kann, einen „seltsamen Attraktor“ zeigt sie ganz gewiß nicht. Auf derselben Seite wird im Zusammenhang mit dem deterministischen Chaos der VERHULST-Gleichung behauptet: „Dabei springt die Population von Jahr zu Jahr in einer verrückten, unvorhersagbaren Weise hin und her.“ Korrekt aber wäre, daß gerade von Jahr zu Jahr sich die Veränderung ganz exakt berechnen läßt - eben das ist die Bedeutung des „deterministisch“ -, daß aber das Langzeitverhalten (also z. B. über 50 oder 100 Schritte hinweg) faktisch unberechenbar wird. Ein m. E. bedeutsamer Unterschied, der hier exemplarisch für eine größere Anzahl erwähnt wird.

Zu Mißdeutungen verleitet auch eine allzu enge Vermengung von empirischen Befunden, Theorien, Spekulationen und formalen Beschreibungen. Wieder nur eines von zahlreichen Beispielen: Es mag beckmesserisch erscheinen, an der Formulierung: „in den Experimenten von Freeman und Skarda reagierten die Riechzentren der Kaninchen ... mit einem Grenzykel“, zu bemäkeln, daß genaugenommen aus den elektrischen Ableitungen von Nerven des Riechzentrums Meßwerte registriert wurden, deren mathematische Analyse mit der Modellvorstellung eines Grenzyklus nicht in Widerspruch stand. Wie aber entwirrt der unbefangene Leser in der dann folgenden Passage: „*Das Grenzykel-‘Gedächtnis’ für einen bestimmten Geruch ist wohl in dem chaotischen Untergrund, dem fraktalen Muster des gesamten Riechzentrums gespeichert. Und, wie gesagt, holographisch gespeichert...*“ (S. 260) die Begriffe „Grenzykel“, „chaotisch“, „fraktal“ und „holographisch“? Schließlich sind „Grenzykel“ und „chaotisch“ nur für Dynamiken definiert - welche machen das Gedächtnis aus, welche den Untergrund? Und „fraktal“ können geometrische Gebilde sein - welche Geometrie des „gesamten Riechzentrums“ ist hier gemeint? „Holographische Speicherung“ letztlich ist nur für optische Systeme definiert - ggf. noch im Rahmen einer Theorie von Karl PRIBRAM - doch wie hängt das (so selbst-verständlich) mit dem Grenzyklus zusammen? Werden hier nicht einfach eigentlich präzise Begriffe zu einem Konglomerat vermengt, durch das eine mögliche Aussage der Autoren für den Leser bestenfalls durch hermeneutisch-assoziatives Gewabber nachgeföhlt werden kann?

Wer sich durch die skizzierte „amerikanische“ Stoffselektion, viele Ungenauigkeiten und manchmal allzu assoziative Begrifflichkeit nicht verwirren läßt (etwa weil er weitere Bücher zur Chaostheorie gelesen hat), findet in dem vorliegenden Band viel Interessantes und manche Anregung zum Nachdenken.

Jürgen Kriz (Osnabrück)