

Vorweg zwei einschlägige Links:

<http://theater-neu-ulm.de/kurze-chaostheorie.html> (Chaos-Theorie in Kürze)

<http://theater-neu-ulm.de/primas.html> (Interview mit Professor Hans Primas)

Chaos: Die Ordnung, die wir (noch) nicht durchschauen

Heinz Koch (<http://theater-neu-ulm.de/heinz-koch.html>) Über eine junge Wissenschaft und ihre erstaunlichen Erkenntnisse, veröffentlicht in der Südwest Presse (Ulm) 1990

Nach der Relativitätstheorie und der Quantenmechanik ist die Chaos-Physik der dritte bedeutende naturwissenschaftliche Forschungsbereich des 20. Jahrhunderts, "Chaos" erweitert nicht nur das naturwissenschaftliche Denken, sondern könnte auch neue Antworten auf grundlegende Fragen menschlicher Existenz finden (helfen), eine andere Weltanschauung gewinnen lassen und somit gar der im Wissenschaftsgeschichtlichen versumpften Philosophie innovativen Schub geben.

Alles Lebendige fließt und verändert sich unweigerlich und unwiderruflich. Leben ist unberechenbar, unkontrollierbar, ist spontan und einmalig, mit einem Wort: chaotisch.

Eine neue Weltsicht

"Chaos ist überall...und es funktioniert" heißt ein Buch von Gregor Morfill und Herbert Scheingraber. Hier schreiben keine Szene-Flippies irgendwelche Fictions. Die beiden Autoren sind profilierte Naturwissenschaftler am Münchener "Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik". Ihre Erkenntnisse aus der Chaosforschung lassen sie nichts weniger gewinnen als "Eine neue Weltsicht", wie der Untertitel des bei Ullstein verlegten Buches lautet.

Quentchen Lust zur Spekulation

Ein schöner Begriff - "Chaos". Das zieht, macht neugierig. Dabei hat dieser neue Wissenschaftszweig zunächst mal viel mit nüchterner Mathematik zu tun, dann aber - bei einem Quentchen Lust zur Spekulation - mit weit mehr.

Erst mit Aufkommen der Computer konnte "unser" Chaos entdeckt werden. Die schnellen und superschnellen Elektronenrechner erschüttern einerseits bestimmte Allmachtsphantasien sowie unseren Glauben in mathematisch- naturwissenschaftlich betonierte Wahrheiten; andererseits verhelfen sie uns, der Ordnung im scheinbaren Durcheinander komplexer Systeme auf die Spur zu kommen.

Folgeschwere Entdeckung

An einem Wintertag des Jahres 1961 sitzt der amerikanische Wissenschaftler Edward Lorenz vor seiner elektronischen Rechenmaschine. Er ist Meteorologe und Mathematiker, eine Voraussetzung, ohne die er seine folgeschwere Entdeckung an diesem Tage niemals hätte machen können.

Lorenz simuliert im Computer Wetterabläufe. An diesem Tage will er zur Kontrolle eine Zeit "zurückgehen", und den Apparat eine bestimmte Sequenz noch einmal rechnen lassen, die er schon mal "ausgespuckt" hatte. Aber: Lorenz gibt als Rechenbasis nicht die im "Gedächtnis" des Computer gespeicherte Zahl mit sechs Dezimalstellen (0.506127) ein, sondern rundet nach alter Mathematikersitte und tippt nur 0.506. Dann will er dem Lärm der Maschine entfliehen und geht eine Tasse Kaffee trinken.

Als er wiederkommt und die beiden errechneten und graphisch ausgedruckten Kurven vergleicht, stellt er zu seinem höchsten Erstaunen fest, daß die aus seiner Sicht äußerst geringe Abweichung der Eingabedaten höchst unterschiedliche Ergebnisse gebracht hat. Von nahezu denselben Ausgangsdaten ausgehend, hat der Computer Kurven errechnet, die immer weiter und weiter von einander abweichen, bis sie zuletzt keine Gemeinsamkeit mehr zeigen.

Lorenz, der zunächst an einen Defekt seines Gerätes glaubt, erkennt als erster die verhängnisvollen Folgen, die Rundungsfehler in Computer haben können: Kleinste Abweichungen können zu höchst unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Der klassische Mathematiker arbeitete ganz einfach, benutzte "nur" sein Gehirn. Langsam ging das, langsam... Im Grunde konnte ein Mensch ohne Computer gar nicht viel rechnen. Deshalb wurden Berechnungen drastisch vereinfacht, kleine Abweichungen vernachlässigt.

Die Wirklichkeit ist nichtlinear

Schlichtweg ganz ausgeblendet wurden alle nichtlinearen Phänomene, obwohl man wußte: Die Wirklichkeit ist nichtlinear. Man befaßte sich nur mit den linearen Phänomenen. Für die gab es immer eine Lösung.

"In der Theorie haben alle Zahlen unendliche Genauigkeit", erläutert Professor Rüdiger Seydel (50) von der Abteilung Numerik an der Universität Ulm. Er ist vor rund 25 Jahren erstmals auf nichtlineare Phänomene aufmerksam geworden, ist als Wissenschaftler bei der Chaos-Forschung fast von Anfang an dabei. Seydel: "Im Rechner gibt es aber nur endlich viele Stellen. Deswegen sind Fehler zwangsläufig Rundungsfehler."

Die aber, so die neue Erkenntnis, können sich eben ganz erheblich auswirken.

"Und das ist keinesfalls nur ein Problem des Computers", sagt Professor Seydel. "überall in der Natur und in der Technik hat man kleine Abweichungen. Kleine Störungen sind immer da. Und bei Instabilität des Systems wirken die sich aus, können dramatische Folgen nach sich ziehen, Chaos."

Chaos - scheinbar regel-loses System

Was ist Chaos? Zunächst ist Chaos: die Ordnung, die wir (noch) nicht durchschauen. Von Chaos redet man, wenn ein System regel-los erscheint, wenn man keinerlei Erkenntnis hat über die Systematik eines Systems, wenn der jeweils nächste Meßpunkt nicht prognostiziert werden kann.

Inzwischen weiß man: Fast alle zunächst regelmäßigen Entwicklungen können in diesem Sinne in Chaos umschlagen, wenn sich gewisse (sogar geringfügige) Einflußgrößen ändern. Ein erster Hinweis ist es, wenn eine Meßkurve, die bisher regelmäßig verlief, sich an einem Meßpunkt verzweigt. Eine solche Verzweigung (Bifurkation) ist der Mechanismus, wie nichtlineare Phänomene ineinander übergehen.

Herkömmliche Prognose-Methoden überholt

Über 900 Sicherheitsexperten (Stand Oktober 93) beschäftigt die Firma Hoechst in ihrem Frankfurter Stammwerk. Dennoch gab es dort eine Serie schwerer Unfälle. Die Öffentlichkeit war erschreckt. Man fragte sich, ob man die Risiken nicht besser hätte vorausberechnen können. "Auf keinen Fall mit den alten Prognose-Methoden", sagt Seydel, der 1977 mit der Arbeit promoviert hat "Numerische Berechnungen von Verzweigungspunkten".

Der Numeriker kann die kritischen Punkte, in denen eine solche chaotische Lösung ansteht, berechnen. Voraussetzung: Er hat ein Modell, das brauchbar genug ist. Da kann er dann alle möglichen Einflußgrößen (Parameter) ändern und sich die entsprechenden Ergebnisse vorrechnen lassen. Er kann sich an die Bifurkationen, an die Stellen, an denen Chaos eintreten kann, heranrechnen und so möglicherweise helfen, kritische Ergebnisse zu vermeiden.

Zumindest in zahlreichen technischen Bereichen könnte man mit diesen Verfahren schon bessere Ergebnisse erzielen als mit den herkömmlichen Methoden der Risiko-Berechnung. So kann man beispielsweise rechnen, wie sich ein ICE verhält, wenn sich die Geschwindigkeit erhöht, kann prognostizieren, daß er bei einer bestimmten Geschwindigkeit unangenehm gleichmäßig ins seitwärtige Schaukeln kommt, und kann im Modell simulieren, wie mit Hilfe einer technischen Manipulation das Schaukeln so unregelmäßig, also chaotisch, wird, daß die Fahrgäste lediglich eine Vibration wahrnehmen, aber nicht hin- und hergeworfen werden.

Interdisziplinäres Arbeiten unabdingbar

So könnte mit Hilfe der neuen Ansätze schon manches einfachere Problem gelöst werden. Aber dazu müßte interdisziplinär gearbeitet werden. Und da gibt es mehr Reibungsverluste als der Laie ahnt. Dazu sind die Möglichkeiten von "Chaos" potentiellen Bedarfsträgern noch zu unbekannt.

Schwieriger wird es dagegen bei komplexeren Problemstellungen. Zum einen gelingt es da nicht einmal ansatzweise, ein Modell zu schaffen; wer wollte sich auch anmaßen, die Einflußgrößen zu erfassen und zu modellieren, die beispielsweise ein Biotop bestimmen. Zum anderen fällt hier mehr ins Gewicht, daß es uns nicht gelingt, uns von irrigen Vorstellungen zu befreien, die unser Weltbild bestimmen.

Im Grunde folgen wir heute noch immer der 200 Jahre alten Vorstellung des Mathematikers und Philosophen Laplace: Die Welt ist eine Maschine. Seiner Meinung nach brauchen wir "nur" die "höchste Intelligenz", mit deren Hilfe wir die Teile erforschen, um damit auch das Ganze und seine Gesetzmäßigkeiten zu begreifen und: zu beherrschen. Nach dem Prinzip: "Gleiche Ursachen haben gleiche Wirkung."

So ziemlich spurlos ist dabei an der breiten Öffentlichkeit vorbeigegangen, daß schon auf Grund der Erkenntnisse der Quantentheorie zu der Abschwächung gegriffen wurde: "Ähnliche Ursachen haben ähnliche Wirkung."

Alle Prognosen auf Sand gebaut

Heute, im Lichte von Chaos, muß es heißen: "Ähnliche Ursachen können höchst unterschiedliche Wirkung haben." Und: "Kleinste Ursachen können größte Wirkung haben." Chaos rüttelt an der Welt des universal Gültigen, des Regelhaften, der Vorherseh- und Vorhersagbaren. Chaos-Extremisten sagen: "Alle Prognosen sind auf Sand gebaut. Alle!"

So formuliert ein Physiker: "Die Relativitätstheorie beendete die Newtonsche Illusion von Zeit und Raum als absoluten Kategorien; die Quantentheorie setzte dem Newtonschen Traum von einem exakt kontrollierbaren Meßprozeß ein Ende; und nun erledigt die Chaostheorie Laplaces Utopie deterministischer Voraussagbarkeit."

Gegen den wissenschaftlichen Pessimismus

Der Brite Paul Davies, Professor für theoretische Physik, schreibt in seinem Buch "Prinzip Chaos" (Goldmann) mit dem Untertitel "Die neue Ordnung des Kosmos" unter anderem: "Drei Jahrhunderte lang waren in der Naturwissenschaft, sei es der Newtonschen Physik oder der Thermodynamik, die Paradigmen bestimmend, nach denen das Universum entweder eine sterile Maschine war oder sich im Zustand des Niedergangs und des Verfalls befand." Gegen dies pessimistische Degenerationsthese stellt die Chaosforschung "das Paradigma des schöpferischen Universums, nach dem die physikalischen Vorgänge etwas Progressives, Innovatives haben".

Chaoten ist das Leben wichtig

Der Chaos-Forschung ist das wichtig, was aus Sicht der klassischen Experimental-Forscher eben heillos ungeordnet, "chaotisch" (im umgangssprachlichen Sinne) ist, letztlich also: das Leben. Und zwar das Leben als Ganzes. Dabei interessiert mehr der Makrokosmos als der Mikrokosmos.

Der Wissenschaftsredakteur der "New York Times", James Gleick, erklärt in seinem Buch "Chaos - die Ordnung des Universums" (Knaur-Sachbuch): Die Chaos-Physik "dringt bis in die verborgendsten Bereiche der Wissenschaft vor: in die Ordnung von Turbulenzen, Konfusionen und eher zufälligen Gesetzmäßigkeiten".

Mechanistische Erklärungsmuster sind falsch

Der Mensch ist ein biologisches "System" und wie alle biologischen Systeme komplex, labil, dynamisch und unendlich-dimensional. Da müssen mechanistische Erklärungsmuster für Krankheit und Heilung falsch sein. Die wurden erfunden, um die Medizin mit der Zeit aus dem Ruch der Quacksalberei zu befreien und sie mählich den exakten Naturwissenschaften gleichzustellen. Aber: Menschliche Individuen (und andere

biologische Systeme) sind nicht über einen Kamm zu scheren. Gleiche Ursachen sind nicht festzustellen. Deshalb gibt es das Patentrezept nirgendwo. Dennoch wird in der heutigen Medizin dieses überholte Prinzip weiterhin millionenfach zu Tode geritten.

Das Leben ist Chaos. Ordnung ist Tod. Gesundheit ist, darauf deutet alles hin, mit instabilen, "chaotischen" Schwingungen verbunden. So muß ein gesundes Herz unregelmäßig schlagen. Die genaue Analyse des gesunden Herzrhythmus mit Hilfe der Numerik zeigt eine "chaotische" Struktur.

Bei einem mechanisch tickenden Herzen dagegen ergäbe das "graphische Phasenportrait" nur einen kleinen Punkt. Ein Herz, das so gleichförmig schlägt wie ein Metronom, wurde bei Menschen beobachtet, die von einem plötzlichen Herzstillstand bedroht wurden.

Chaos-Forscher überall

Beim Lesen des "Who-is-who-Handbuchs zur nichtlinearen Dynamik", herausgegeben von der "Chaos-Gruppe. Verein zur Förderung der Erforschung nichtlinearer Dynamik" an der Technischen Universität München, wird klar: Chaos-Forschung wird schon überall betrieben, in der Soziologie, der Kriminologie, der Medizin, der Biologie, der Wirtschaftswissenschaft, der Pädagogik, der Politikwissenschaft, bei der Verkehrsplanung, ja, sogar an der Sporthochschule.

Chaos widerlegt Marx

Was Wunder, daß vor dem Hintergrund der Chaos-Forschung auch die Philosophie neue Ansätze formuliert. Hegel hatte uns gelehrt: Die Geschichte sei der Prozeß der Annäherung der Realität an die Idee. Wir Menschen seien Objekte dieser Entwicklung, Spielbälle. Marx hatte Hegel "vom Kopf auf die Füße gestellt" und behauptet: Mit Hilfe der Wissenschaft seien die objektiven Gesetzmäßigkeiten der Geschichte zu erfassen. So werde der Mensch Subjekt und könne dem Rad der Geschichte in die Speichen greifen, den Gang der Geschichte steuern.

Bekanntlich wußten und wissen die Anhänger des Karl Marx das Ende der Geschichte vorauszusagen: eine klassenlose (kommunistische) Gesellschaft. Das sei eine objektive, wissenschaftlich erwiesene Tatsache. Weil die marxistisch-leninistische Partei der Arbeiterklasse um diese objektive Gesetzmäßigkeit der Geschichte wisse und die Mechanismen des Ablaufs kenne, sei sie zur absoluten Führung im Staat berechtigt und befähigt, argumentierten die Kommunisten zum Beispiel in der DDR und schrieben die führende Rolle der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands (SED) im Artikel 1 der DDR-Verfassung fest.

Schon wer sich oberflächlich befaßt, wird leicht erkennen: Diese Ideologie gehört, wie manche andere weltanschauliche Theorie, auf den Müll der Geschichte. Totale Planung biologischer Systeme (Gesellschaften) ist nicht möglich. Die Chaos-Forschung läßt leichter erkennen, weshalb das politische System des Kommunismus scheitern mußte. Chaos liefert die Argumente, wissenschaftlich, weshalb es mit der Wissenschaftlichkeit dieser Weltanschauung nicht weit her war. Hegel und Marx waren Kinder der mechanistischen Epoche, kannten Newton und Laplace, hatten aber keinen Computer und wußten nichts von Chaos.

Chaos räumt mit Determinismus, Kausalismus und Reduktionismus auf. Aus vorbei! Auch im Weltanschaulichen. Niemand ist in der Lage, Gesellschaften planmäßig auf (s)ein Ziel hin zu verändern.

Kosmologen auf Chaos-Trip

Auch Kosmologen (die derzeit Konjunktur haben, nachdem die Teilchen-Physik immer teurer geworden ist und wenig umwerfende Erkenntnisse bringt) finden mit Chaos zu neue Hypothesen. Sie nehmen Abstand vom Standardmodell des Urknalls, mutmaßen, die Schöpfung wiederhole sich, es herrsche immer noch Chaos, innerhalb wie außerhalb des Kosmos. Nach der Auffassung des russischen Kosmologen Andrei Linde gibt es im Universum Plätze, an denen immer neue Universen entstehen, wie Seifenblasen in einem blubbernden Schaumbad.

Biss in den Apfel der Erkenntnis

Solche Erkenntnisse, fremd und neu, machen Angst, wie alles Fremde und Neue. Von alters her reagiert der Mensch in solchen Fällen mit Flucht oder Aggression. Der moderne Zeitgenosse will sich gegen alle möglichen Überraschungen absichern. Wissenschaft war stets nichts weiter als der Versuch, doch in den berühmten Apfel vom berühmten Baum der Erkenntnis zu beißen.



Vielleicht ist es an der Zeit zu lernen, die nächsten 400 Jahre mit Chaos zu leben, ohne seine Struktur erfassen zu können, Unsicherheiten zu ertragen, Nichtwissen hinzunehmen.

Der Mensch ist frei - und verantwortlich

Immerhin: Wenn kleinste Ursachen größte Wirkung haben können, sind Resignation und Gleichgültigkeit des Menschen gegenüber den Verhältnissen völlig unangebracht. Gehirnforscher wie der Chilene Umberto Maturana oder der US-Amerikaner Roger Sperry (Medizin-Nobelpreis 1981) gehen aufgrund ihrer Forschungsergebnisse davon aus, daß der Mensch prinzipiell absolut frei ist - und deswegen für sein Tun verantwortlich.

Der Mensch weiß zwar nicht, wie die Zukunft aussieht, kann sich auf keine Prognose verlassen und soll sich auch mit dieser Situation abfinden. Aber er kann an Bifurkations-Punkten entscheiden, in welche Richtung er gehen will. Er hat damit Verantwortung für die Welt zu tragen.

Immer wieder haben einzelne Menschen mit ihren Ideen und mit ihren Taten die Geschicke ganzer Völker bestimmt.

Das Bild für Chaos ist: Der Flügelschlag eines Schmetterlings in Peking kann Ursache sein für einen Hurrikan, der Wochen später über Florida fegt (kleinste Ursache, größte Wirkung). Lohnte es dann nicht, ab und zu mehr mit den Flügeln zu schlagen, statt hedonistisch den Rest des Nektars zu saugen?

Die beiden Physiker Gregor Morfill und Herbert Scheingraber ziehen das Fazit ihrer Chaos-Forschung: "Wir sind keine willenlosen Automaten im Ablauf eines Uhrwerks, und wir sind auch nicht Spielbälle eines Zufalls, sondern gestaltete und gestaltende Teilnehmer eines offenen, dynamischen Systems." Und: "Sowohl das Individuum als auch die ganze Menschheit sind mit ihrem Handeln verantwortlich für künftige Ereignisse."