

Lothar Kolditz

Deterministisches Chaos und Gesellschaft

Vortrag im Plenum der Leibniz-Sozietät am 27. Januar 2011¹

Im Beitrag „Kollektivität und Emergenz – die Weltformel“ [1] war ausgeführt worden, dass praktisch alles Geschehen im Universum vom deterministischen Chaos beherrscht wird, in dem das komplexe Zusammenwirken nicht linearer Vorgänge, die im einzelnen durch Naturgesetze gesteuert werden, zur großen Vielfalt der Erscheinungen führt. Chaos hat in diesem Zusammenhang nicht die landläufige Bedeutung eines völligen Durcheinanders, sondern ist insgesamt wohl geordneten Vorgängen unterworfen, worauf die Eigenschaftsbezeichnung deterministisch hinweist. Das gesamte System unterliegt den Naturgesetzen, ist aber nicht periodisch.

Bei Betrachtung von Kollektivität und Emergenz wurde von einfachen Systemen zu immer komplexeren übergegangen. Allerdings war das Verhalten von Individuen und Gruppen in der menschlichen Gesellschaft ausgeklammert, da hier eine Art Metachaos zur Wirkung kommt, in welchem in komplexen Teilbereichen unterschiedlich determiniert chaotisches Verhalten angenommen werden muss. Dieser Problematik soll der heutige Beitrag gewidmet sein.

Zur Einstimmung auf die Thematik wird noch einmal auf die Charakterisierung des deterministischen Chaos an Hand des Malkusschen Wasserrades [2] hingewiesen, das bereits in [1] erwähnt wurde.

Die Anlage besteht aus einem schräg gestellten Wasserrad mit regelmäßig angeordneten Kammern. In einer Reihe von zufällig oben gelagerten Kammern wird durch Düsen Wasser gepumpt, das über eine Bodenöffnung der Kammern wieder langsam abläuft und in einen Kreislauf zu führen ist. Das Rad wird oberlastig und setzt sich dadurch in Bewegung, z. B. im Uhrzeigersinn. Dadurch kommen neue Kammern in den Bereich des Füllmechanismus. Durch einseitige Verteilung des Wassers wird das Rad schließlich in der Dre-

1 In einem der nächsten Bände der „Sitzungsberichte“ werden wir Diskussionsbeiträge zu diesem Vortrag veröffentlichen. (Die Redaktion)

hung immer langsamer. Es bleibt stehen und wechselt dann die Richtung. Auf längere Zeit ist keine Regelmäßigkeit, keine Periodizität der Drehungen zwischen den Umkehrungen festzustellen. Der Verlauf ist zwar im Ganzen determiniert, er unterliegt den dafür gültigen Naturgesetzen, zeigt aber kein periodisches Verhalten. Es kann nicht voraus gesagt werden, ob nach 1000 Umdrehungen Richtungswechsel erfolgt. Wird versucht, die Anfangsbedingungen bei verschiedenen Ansätzen übereinstimmend einzurichten, so wird in der ersten Zeit auch gleiches Verhalten eintreten. Auf unbegrenzte Dauer ist das aber nicht einzuhalten. Es würde schon ein gelegentlicher Luftzug über das Wasserrad genügen, um nach längerer Zeit exponentiell verstärkt ein Abweichen von der im vorangehenden Versuch festgestellten Drehfolge hervorzurufen.

Chaotische Eigenschaften treten immer dann auf, wenn eine Vielzahl von nicht linearen Grundprozessen im System wirkt. Für längere Zeit lässt sich dann das Verhalten des Systems nicht ohne weiteres voraussehen, da selbst geringfügige Änderungen in den Randbedingungen mit exponentieller Auswirkung schließlich gravierende Abweichungen erzwingen. In diesem Zusammenhang sei auf den berühmten Schmetterlingseffekt hingewiesen, der von dem Meteorologen Edward Lorenz 1979 in einem Referat formuliert wurde – Predictability: Does the Flap of a Butterfly's Wings in Brazil Set Off a Tornado in Texas? [3].

Die Voraussage lässt sich innerhalb einer Fehlerbreite nur für eine für das betreffende System charakteristische Zeit vornehmen, der Ljapunov-Zeit. Sie hängt von der inneren Dynamik des Systems ab.²

Die Wettervorhersage kann durch umfangreichere und schärfere Fassung der Anfangsbedingungen und Vergrößerung der Vorhersagetoleranz erweitert werden, aber nicht unbegrenzt.

Für das Sonnensystem gelten für die Aussage längere Zeiträume als für die Wettervorhersage. Die Ljapunov-Zeit für das Sonnensystem beträgt 4 Millionen Jahre [4]. Innerhalb dieser Zeit sind Berechnungen von Ereignissen

2 Die Ljapunov-Zeit beruht auf dem Konzept des Ljapunov-Exponenten, der ein Maß für das durchschnittliche Wachstum eines infinitesimalen kleinen Fehlers in den Ausgangsbedingungen von Systemen darstellt. Alexander Michailowitsch Ljapunov, Mitglied der Russischen Akademie der Wissenschaften, war ein russischer Mathematiker (1857-1918), von dem bedeutende Beiträge auf den Gebieten der Differentialgleichungen, der Stabilität von Systemen, der Potenzialtheorie und der Wahrscheinlichkeitstheorie stammen. Er lehrte ab 1885 an der Universität und Technischen Hochschule in Charkow und ab 1901 an der Petersburger Universität, wo er als Ordentlicher Professor den Lehrstuhl für Angewandte Mathematik innehatte.

und Standorten möglich, sowohl für die Zukunft als auch für die Vergangenheit, nicht aber darüber hinaus.

Finanzmärkte

Die Gefahr eines drohenden Zusammenbruchs in der Finanzkrise liegt noch nicht lange zurück. Auch dieses Gebiet unterliegt den Gesetzen des deterministischen Chaos mit allen Merkmalen. Einige Ursachen und Antriebskräfte in Richtung des Ausbruches der Krise sind bekannt. Es handelt sich einerseits um Egoismus, Gier und Maßlosigkeit bei einer kleinen Gruppe von Akteuren, die Störungen mit exponentieller Auswirkung im Normablauf verursachen, andererseits sind Marktbewegungen überlagert, die bei Ausbildung von Schief lagen zu Abstürzen führen. Strengere Regelungen des Finanzgeschehens sollten derartige Störungen und Zusammenbrüche erschweren, sie werden aber nicht von allen Beteiligten akzeptiert.

Eine langfristige Vorhersage des Geschehens ist nicht möglich, kurzfristig aber schon, wie bei allen diesen Vorgängen, nämlich innerhalb der allerdings hier unbekanntem Ljapunov-Zeit. Didier Sornette hat in seinem Buch *Why Stock Markets Crash* [5] Vorgänge in komplexen Finanzsystemen untersucht. Sein Ziel ist, wie er selbst sagt, den heiligen Gral der Voraussage von Zusammenbrüchen anzustreben, wobei auch kleinere Schwankungen erfasst werden sollen. Er will also Finanzseinbrüche an Hand der Entwicklung des Marktes voraussagen.

Sornette erwähnt zwar die Theorie komplexer Systeme und kritischer Phänomene, vermeidet aber die Darlegung und Beachtung der Charakteristika chaotischer Systeme. Seine Betrachtungen sind sehr detailliert und mit vielen Daten untermauert. Historische Zusammenbrüche werden analysiert. Schließlich entwickelt er eine Exponentialgleichung, die eine logarithmische Periodizität aufweist mit der Erfassung einer kritischen Zeit, bei der der Zusammenbruch die höchste Wahrscheinlichkeit erreicht im Abstand von der aktuellen Vorhersagezeit. So wurden für die Zeit von Januar 1996 bis Dezember 2000 fünf Finanzmarkteinbrüche durch Anwendung der Gleichung angezeigt, drei davon trafen zu, zwei waren falsch.

Die Gültigkeit der Betrachtung aus Sicht der Chaostheorie wird damit unterstrichen. In diesen Fällen war offensichtlich die Ljapunov-Zeit überschritten. Eine Voraussage über die Ljapunov-Zeit hinaus ist unsicher.

Zur prinzipiell gleichen Aussage kommen Werner Ebeling und Karl Lanus [6] in ihrer Betrachtung zur Vorhersagbarkeit komplexer Prozesse, in der sie die Shannon-Entropie aus der Informationstheorie heranziehen. Sie be-

handelt diskrete Zustände und ihre Wahrscheinlichkeiten. Für die Vorhersageproblematik wird die auf Kolmogorov zurückgehende Methode der symbolischen Dynamik angewandt, die den Zustandsraum in diskrete Zellen einteilt und diese Zellen durch einen Buchstaben kodiert. Dadurch ist es möglich, einen Prozess, der im Durchlaufen von Zellen besteht, näherungsweise zu charakterisieren und die für diskrete Sequenzen geltende Shannon-Entropie auf reelle Zeitserien zu übertragen.

Es wird eine enge Beziehung zwischen Sequenzen und der Dynamik von Prozessen festgestellt. Zur Untersuchung wurde das klimatische Phänomen El Niño/La Niña und die Finanzreihe DAX herangezogen. Das Verfahren besteht darin, eine Wahrscheinlichkeitsabschätzung unter Verwendung der Shannon-Entropie durchzuführen. Dazu wird in der El Niño/La Niña-Analyse der Verlauf einer Kenngröße verfolgt, des Multivariable ENSO Index (MEI), der aus 6 Messgrößen zu bilden ist, in die der Luftdruck in Meereshöhe, Komponenten des Windes an der Meeresoberfläche, Lufttemperatur über der Oberfläche und Grad der Bewölkung eingehen. Es werden monatliche Codierungen der MEI-Werte betrachtet hinsichtlich eines bestimmten Anstiegs, Abfalls oder Zwischenwertes. Bei Betrachtung von MEI-Werten in 4 aufeinander folgenden Monaten und Auswertung im Sinne der Entropie-Auffassung von Shannon/Kolmogorov beträgt die Unsicherheit der Vorhersage für den nächsten Monat 92%. Beobachtung von 5 Monaten ergeben 83% Unsicherheit. Für noch längere Beobachtungszeiten wird die Abschätzung der bedingten Entropie selbst unsicher.

Analoges trifft zu für die Betrachtung der bedingten Entropie in Zusammenhang mit der Vorhersagbarkeit von Finanzzeitreihen, wozu die zeitliche Entwicklung der DAX-Werte zwischen 1959 und 1990 herangezogen wurde. Zu diesem Zweck wurde ein tägliches Wachstum von 2,5 Punkten, ein täglicher Abfall von 2,5 Punkten und die dazwischen liegende Phase entsprechend registriert. Es ergab sich, dass nach Beobachtung von 7 aufeinander folgenden Tagen die abgeschätzte bedingte Entropie eine Unsicherheit der Voraussage von noch etwa 95% anzeigt, nach 8 Tagen sank der Wert auf 85%, und danach wird die Entropie-Schätzung für dieses System unsicher.

Die von der inneren Dynamik eines Systems abhängende Ljapunov-Zeit für El Niño/La Niña unterscheidet sich natürlich von der der Finanzreihe DAX. Die Abschätzung solcher Zeiten muss noch weiter entwickelt werden. Sie ist aufwändiger als die von Ebeling und Lanius angewandte Entropie-Methode, bringt dann aber eine schärfere Aussage. Die genannte Ermittlung der Ljapunov-Zeit für das Sonnensystem [4] beruht auf einer Computer unter-

stützten numerischen Integration der Evolution des Sonnensystems von etwa 100 Millionen Jahren.

Bei noch zu großem Aufwand für die direkte Ermittlung der Ljapunov-Zeit besteht ein Mittelweg über die laufende forschende Beobachtung des betreffenden Systems und daraus resultierender kurzfristiger Vorhersagen, wie z. B. der Wetterprognose. Auf diese Weise ist eine empirische Annäherung an die Ermittlung der Ljapunov-Zeit möglich.

Handlung von Individuen und Erbanlagen

Bei der Abschätzung von Wechselwirkungen innerhalb der Gesellschaft wird ein viel komplexeres System als in den bisherigen Beispielen erfasst, dessen Erschließung nur schrittweise durch Betrachtung von Teilbereichen versucht werden kann.

Wir beginnen mit dem Verhalten von menschlichen Individuen und betrachten dazu die Erbanlagen. Alle Individuen haben bestimmte genetische Voraussetzungen.

In den Anfangszeiten der Genforschung, als erst wenige Gene auf der DNA fixiert waren und weite Strecken der DNA als nicht aktiv galten, wurden solche Bereiche als Müll oder Schrott bezeichnet. Sie galten als Überbleibsel von viralen Angriffen, die in über 100 Millionen Jahren auf das Genom der Lebewesen eingewirkt haben. Der damals bereits ausgedrückte Zweifel in dieser Ansicht [7] ist heute vollauf bestätigt.

Das Genom ist äußerst zweckmäßig mit einer großen Zahl an Potenzen eingerichtet. Völlig wirkungsirrelevante DNA-Abschnitte sind nicht anzunehmen. Gewisse Abschnitte werden aber unter Umständen überhaupt nicht aktiviert. Eine Genanlage kommt erst dann zur Wirkung, wenn sie angeschaltet ist. Es ist die Vermutung zu äußern, dass in den Anlagen der einzelnen Individuen viel mehr Möglichkeiten verborgen sind, als in der Regel zur Wirkung gebracht werden. Nach neuesten Erkenntnissen ist dies praktisch erwiesen.

Ein höherer Grad der Ausschöpfung vorhandener Möglichkeiten könnte dazu beitragen, dass in leistungsstarken Familien durch entsprechende Erziehung auch bei den Nachkommen eine höhere Leistungsdichte erreicht wird. Kinder, die von zu Hause weniger Unterstützung erfahren können, müssen größere Anstrengungen unternehmen, um erfolgreich zu sein. Wenn sie sich aber durchgesetzt haben, erweist sich ihre Veranlagung als besonders stabil und den Erfolg fördernd.

Im Allgemeinen wird es sich bei der Anregung von Handlungen um ein sehr komplexes Zusammenwirken verschiedener Abschnitte der DNA handeln. Jede spezifische Reaktion des Individuums wird durch eine Summe von Genabschnitten angeregt. Das gilt nicht nur für das Gesamtbild, sondern eben auch für einzelne Handlungen. Nur so werden die große Vielfalt und die komplexe Form des individuellen Verhaltens verständlich.

Die Aktivität der Gene muss angeregt und geübt werden. Wie aber erfolgt diese Anregung? Natürlich ist sie durchaus spontan von innen heraus gegeben. Häufig sind es aber kleinere und größere Anlässe von außen, die prägende Wirkung haben. Die Persönlichkeit entwickelt sich nicht so leicht in der Isolation, sondern vielmehr im Kontakt zur Umwelt. Konsequenter Weise muss dann aber beachtet werden, dass eine Steuerung der Aktivierung von außen möglich ist, die doch wohl über die bewusste und auch die unbewusste Komponente des Gehirns und des Nervensystems eintritt.

Der Umwelteinfluss auf die Genaktivierung wird heute nicht mehr in Frage gestellt. In Erweiterung dazu muss es aber auch einen Mechanismus der Anregung durch Willensbeeinflussung geben. Die Steuerung körperlicher Funktionen durch das Bewusstsein ist bei genauer Betrachtung eine allgemeine Erfahrung. So ist es doch wohl erwiesen, dass der Willenswiderstand gegen eine Krankheit den Körper in seinem Kampf durch Stärkung des Immunsystems unterstützt. Kein Argument gegen diese Erfahrung ist, dass dieser Kampf nicht immer gewonnen wird.

Besonders leicht ist die Beeinflussung von außen bei der Herausbildung von Anlagen im Kindesalter. Für die Entfaltung der Fähigkeiten sind gerade diese Jahre besonders wichtig, weil die Aktivierung leichter gelingt als in späteren Jahren. Allerdings trifft die absolute Gültigkeit der Aussage „was Hänchen nicht lernt, lernt Hans nimmermehr“ nicht zu. Auch Hans kann noch lernen, es wird nur schwerer.

Außer den genannten Erfahrungen haben sich Steuerungshinweise mehrfach ergeben. Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang die in Studien und in der Praxis festgestellte Wirkung von Placebos bei der Erprobung von Schmerzmitteln und von Antidepressiva. Die angekündigte Wirkung kann auch bei Anwendung von Placebos wahrgenommen werden. Es ist nicht von der Hand zu weisen, dass dieser Beeinflussungseffekt die Ergebnisse von Wirkungsüberprüfungen verfälschen kann, bei denen zu Kontrollzwecken Blindversuche mit Placebos eingebaut sind. Bezüglich äußerer Einwirkung auf Vorgänge im Organismus hat eine Forschungsgruppe um den Nobelpreis-

träger Mario Capecchi bei Mäuseversuchen Hinweise gefunden, dass durch mentale Störung Defekte im Immunsystem hervorgerufen werden [8].

An dieser Stelle sei auf eine sehr häufig geführte Diskussion hingewiesen, die sich auf die Willensfreiheit bezieht. Bisweilen wird die Ansicht geäußert, dass wegen der Genveranlagung von einer Willensfreiheit nicht die Rede sein kann. Strafbare Handlungen werden allein auf krankhafte Veranlagungen zurückgeführt und damit Strafmilderung begründet.

Die Problematik Schuld und freier Wille zeigt sich hier in aller Komplexität. Der Medizinethiker Edgar Dahl [9] plädiert für ästhetische Urteile anstatt der moralischen gegenüber unseren Mitmenschen und für eine stärkere Beachtung der durch die Genanlagen vorgegebenen Triebkräfte. Der Philosoph Michael Pauen [10] weist auf absurde Konsequenzen bei diesem Vorgehen hin.

In der Diskussion dazu ist es nützlich, die naturwissenschaftlichen Grundlagen heranzuziehen. Eine wesentliche Grundstruktur der Vorgänge in lebenden Organismen bezieht sich auf den Ausgleich einer Wirkung durch Gegenwirkung. Um das Geschehen im Organismus steuern zu können und nicht aus dem Ruder laufen zu lassen, gibt es für jedes Prinzip ein Gegenprinzip. So hat zum Beispiel jedes Hormon ein Gegenhormon. Es sind Genanlagen vorhanden, die einander entgegenwirken. Nicht nur Genaktivierung und Gendesaktivierung, sondern auch Anschalten und Abschalten einer Gegenwirkung dazu sind möglich.

Die Fähigkeit intelligenter Wesen, Folgen ihrer Tätigkeit abzuschätzen und darauf ihr Handeln abzustimmen, ist in diesem Zusammenhang zu beachten. Handlungskontrolle muss wirksam werden auch bei ungünstigen erblichen Voraussetzungen. Die Verantwortung für das Handeln bleibt in jedem Falle.

Die Fähigkeit, sich normgerecht zu verhalten, ist gewiss unterschiedlich entwickelt, wobei die geübte Steuerung der Anlagen einen großen Einfluss hat. Richtige und falsche Erziehung kommen ins Spiel, gute und böse Erfahrungen wirken prägend auf den Charakter des Individuums.

In dieser Hinsicht gibt es eine starke Schwankung der Hemmschwellenhöhe, die mit der großen Breite der Genaktivierung und -desaktivierung verbunden ist. Die Ausprägung der Anlagen und ihre Steuerung erweist sich als vielseitiger und hochkomplexer Prozess.

Alle diese Beobachtungen werden durch neuere Forschungsergebnisse in der Molekularbiologie zunehmend fundierter erklärt. Bis vor kurzem galt die biologische Lehrmeinung noch unangefochten, dass Gene exprimiert werden,

also zur Wirkung gelangen, wenn Proteine sie aktivieren. Aus neueren Untersuchungen geht jedoch hervor, dass die Genexpression in den Zellen eine größere Komplexität aufweist als bisher angenommen. Es kommen zusätzlich epigenetische Modifikationen des Genoms im Ablesemechanismus ins Spiel. Das Genom erfährt Veränderungen durch kleine chemische Gruppen (Methyl-, Acetyl-, Phosphatgruppen), die das Ablesen der Gene beeinflussen [11,12]. Unterschiede in der Histonstruktur³ wirken in der gleichen Richtung. Auch in der RNA-Welt gibt es Abläufe, die die Übersetzung eines Gens in ein Protein zu drosseln vermögen. So existiert neben der Grundausstattung des Genoms in den Zellen eine weitere Komponente, die das Ablesen der vorhandenen Gene steuert, gewissermaßen ein zweiter Code [13].

Dieser zweite Code wird nachweislich von außen, von Umwelteinflüssen, geprägt. Er kann sich ändern mit der Zeit und den Einflüssen. Der erworbene zweite Code ist charakteristisch für die Ausbildung der Persönlichkeit. Nach den neueren Erkenntnissen der Epigenese kann die Steuerung der Gene durch Lebensstil und Umwelteinflüsse nicht mehr geleugnet werden. Die Verantwortung für die individuelle Handlung ist nicht mehr allein auf ungünstige Gene abzuschieben.

Es ist hier nicht der Platz, eine vollständige Analyse der Genanlagenarten zu erstellen. Für unsere Betrachtung genügt eine grobe Einteilung in solche Anlagen, die spezifische Eigenarten und Begabungen bewirken und solche, die allgemein im Laufe der Evolution zur Entwicklung kamen. Sowohl die spezifischen Anlagen als auch die allgemeinen evolutionsbedingten wirken miteinander und kommen natürlich in dem Maße zur Geltung, wie sie aktiviert und genutzt werden. Zu den wichtigen allgemeinen Anlagen der Individuen gehören Egoismus und Sexualtrieb. Sie stellten im Laufe der Evolution wesentliche Komponenten für die Weiterentwicklung der Arten dar und hatten so eine hohe Bedeutung. Je nach Entwicklungsstand muss aber gerade in dieser Beziehung im Laufe der Zeit eine Kontrollfunktion wirksam werden, wenn ein gedeihliches Nebeneinander erreicht werden soll. Diese Kontrollfunktion muss weiter entwickelt werden, um Einbußen im Zusammenleben entgegen zu wirken.

3 Histone sind Proteine, die die Nukleosome bilden, um die sich der DNA-Faden eines Chromosoms wickelt.

Abschätzen der individuellen Handlung

Im Folgenden wird eine allgemeine Beziehung abgeleitet, die das Verhalten von Individuen erfasst und als Grundlage für eine Übertragung auf die Gesellschaft dient.

Das Individuum wird durch Erfahrungen geprägt, die auf die Steuerung der vorhandenen Genanlagen einwirkt. Besonders intensiv sind diese Erfahrungen im Kindesalter, wo bereits geringe Anreize zur Aktivierung führen, während im Erwachsenenalter massivere Impulse zum In-Gang-Setzen notwendig sind, sofern es sich nicht um bereits öfter geübte Aktivitäten handelt.

Die Erfahrungen sollen mit

$$E_i$$

bezeichnet werden und die Dimension einer Energie haben. Dabei ist i eine laufende ganze Zahl. Die Erfahrungen müssen verarbeitet werden. Sie sind im Organismus einzuordnen, was zu einer Erfahrungsdichte führt, die mit

$$E_i/v_i$$

charakterisiert wird, wobei v_i eine Aufnahmekapazität darstellt, die dieser Erfahrung zugeordnet ist.

Wenn Erfahrung und Erfahrungsdichte in eine Kalkulation einbezogen werden sollen, müssen gleiche Dimensionen vorliegen. Die Energiedichte wird dazu mit einer weiteren Größe ϕ multipliziert, die einer Gesamtaufnahmekapazität entspricht:

$$\phi \cdot E_i/v_i$$

Differenzbildung liefert nun die Gleichung

$$F_i = E_i - \phi \cdot E_i/v_i$$

$$F_i = E_i (1 - \phi/v_i)$$

Dabei soll F_i zunächst als freie Energie bezeichnet werden.

Die entwickelte Gleichungsform entspricht dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik. Das Glied

$$E_i/v_i$$

hat Entropiecharakter mit Analogien zur thermodynamischen Entropie, was die Ordnungsfunktion betrifft. In der Informatik wird ebenfalls eine Entropie definiert (vgl. S. 2), die die Wahrscheinlichkeit von Zuständen beinhaltet. Auch in diesem Falle existiert eine Analogie.

Für die Gesamtbeschreibung des Individuums müssen verschiedene Fälle berücksichtigt werden.

Im Normalfall wird eine Erfahrung ohne Schwierigkeit verarbeitet. Sie lässt sich in die vorhandene Kapazität einordnen, die einen Normalwert v_{norm} einnimmt. Es gilt

$$\varphi > v_{\text{norm}}$$

Der entsprechende Normalwert der freien Energie ist F_{norm} , der in einem Bereich, dem Normalbereich ΔF_{norm} , liegt.

Wenn die Erfahrung vom Individuum schwer zu verkraften ist, werden verschiedene Reaktionswege möglich.

In einem Fall (Desinteresse) wird eine Einordnung trotz Komplikationen versucht, wodurch die Kapazität stark beansprucht wird, v_i steigt. Für

$$v \rightarrow \varphi \quad \text{gilt} \quad \varphi/v \rightarrow 1 \quad \text{und} \quad F_{\text{des}} \rightarrow 0$$

Die freie Energie geht in diesem Falle gegen 0.

In einem anderen Fall (Widerstand) führt die Erfahrung zur Empörung, zur totalen Ablehnung. Es steht keine Kapazität zur Verfügung. Für diesen Fall gilt

$$v \rightarrow 0 \quad \text{und} \quad \varphi/v \rightarrow \infty \quad \text{sowie} \quad F_{\text{wid}} \rightarrow -\infty$$

Das Erreichen dieser Werte wird nicht nur von den Eigenschaften des Individuums allein und seiner Fähigkeit zur Verarbeitung der Erfahrungen abhängen, sondern wird von der Schwere und den Umständen der Erfahrungen beeinflusst. Außerdem ist eine Wirkung von außen durch Ratgeber und durch Medien zu berücksichtigen.

Für das Individuum kommt es nun darauf an, wie häufig ihm die Fälle F_{des} und F_{wid} erscheinen, was von der Erfahrung abhängt. Es handelt sich natürlich um Grenzfälle. Dazwischen gibt es alle möglichen Übergänge. Außerdem werden die Energiewerte abhängig sein von den jeweils zutreffenden Problemkreisen. Für die verschiedenen Gebiete ergeben sich also für ein Individuum unterschiedliche Werte.

Nach dieser Diskussion ist es angebracht, die freie Energie treffender als *freien Antrieb* zu bezeichnen. Der freie Antrieb gibt an, zu welchem Verhalten das Individuum geneigt ist. Ob der Antrieb zur Realität wird, hängt von der Veranlagung des Individuums ab und von Impulsen aus der Umwelt.

Nehmen die Fälle F_{des} überhand, wird der Organismus mit dem Verarbeiten der Erfahrung nicht mehr fertig und zieht sich in eine Abgeschlossenheit vor der Umwelt zurück, Resignation tritt ein, die Grenze des Normalverhaltens ist überschritten.

Treten die Fälle F_{wid} gehäuft auf und sind nicht mehr zu verarbeiten, tritt Instabilität ein. Es kann starke Energieabgabe nach außen erfolgen, und die

Empörung kann sogar in Gewaltanwendung umschlagen. Das Normalverhalten ändert sich in jedem Falle bei stark negativen Werten von F .

Angustzustände können eintreten und körperliche Schäden induzieren. Die Einflüsse können sich für das Individuum zu katastrophalen Folgen entwickeln, wenn der stark negative freie Antrieb nicht nach außen zum Abfließen kommt, Das gilt auch für die Bewältigung von Stresseffekten.

E , ϕ und v sind selbst wieder komplexe Funktionen, die von verschiedenen Parametern abhängen, ϕ und v sind interessant für die Hirnforschung.

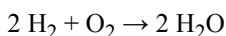
Die dargelegte Situation zeigt eine direkte Analogie zu den Verhältnissen bei chemischen Reaktionen. In der chemischen Thermodynamik gibt die freie Enthalpie in der Gleichung des 2. Hauptsatzes die Reaktionsrichtung an.

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

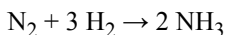
ΔG ist die freie Enthalpie, ΔH die bei der Reaktion umgesetzte Energie, T die absolute Temperatur und ΔS die Entropie.

ΔG entspricht dem freien Antrieb in der oben abgeleiteten Beziehung. Zum Ablauf der chemischen Reaktion müssen aber unter Umständen erst Reaktionshemmungen beseitigt, für die Moleküle muss Aktivierungsenergie aufgebracht werden. Bei starken Reaktionshemmungen werden Katalysatoren eingesetzt, die die Aktivierungsenergie herab setzen und die Reaktion in der von der freien Enthalpie angegebenen Richtung in Gang bringen.

So können Wasserstoff und Sauerstoff sogar im optimalen Volumenverhältnis des so genannten Knallgases von 2:1 miteinander vermischt werden, ohne dass eine Reaktion in Gang kommt. Erst nach Anregung z. B. durch UV-Licht explodiert die Mischung:



Stickstoff und Wasserstoff sind unter normalen Bedingungen reaktionsträge und setzen sich nicht zu Ammoniak um. Erst durch Vermittlung eines Katalysators und unter Druck kommt die Reaktion zu Stande:



Die Katalyse ist nicht nur für anorganische Reaktionen von Bedeutung. Ohne Katalyse gäbe es kein Leben. Im Organismus werden die vielseitigen Reaktionen erst durch Katalyse ermöglicht. Alle Enzyme sind Katalysatoren.

Reagierende Moleküle müssen eine Aktivierungsschwelle überwinden. Dazu gibt es verschiedene Wege ganz analog zu den Situationen, denen das Individuum ausgesetzt ist.

Im Falle der Handlungen des Individuums können es Erfahrungen, also Energiezufuhren aus der Umwelt sein oder auch Anregungen von Personen

in der Gesellschaft, die den vorhandenen freien Antrieb zur Wirkung kommen lassen (vgl. dazu Seite 116).

Die Gesellschaft

Bei Betrachtung der Gesellschaft tritt die Summe der verschiedenen Individuen ins Spiel, wobei die Kategorien unterschiedlich häufig auftreten. Es ergibt sich eine Wahrscheinlichkeitsverteilung. Gegenseitige Beeinflussung spielt dabei eine Rolle, die in der gesamten Evolution als wirksam angenommen werden muss. Individuum und Gesellschaft stehen in ständiger Wechselwirkung.

Die Wahrscheinlichkeitsverteilung und ihre Besonderheiten werden sich in Abhängigkeit von den sonstigen Umständen befinden. Sie werden sich auch zu verschiedenen Zeiten der Erdgeschichte ganz unterschiedlich verhalten.

Sobald es funktionierende, wenn auch noch so einfache DNA-Anlagen gab, war die Möglichkeit der Steuerung gegeben. Diese Beeinflussung entsprach den zeitlich vorhandenen Umständen. Mit der Entwicklung entstanden immer komplexere Systeme vom Einzeller zum Vielzeller, und die Beeinflussungsmöglichkeiten wurden vielfältiger, um beim Homo sapiens sapiens schließlich den Höhepunkt zu erreichen.

Der Hauptteil der Individuen wird in der Auswahl der Genaktivierungen über den zweiten Code stets durch den herrschenden Zeitgeist geprägt sein. Die Menschen im Altertum waren in ihrer Aktivierung anders strukturiert als mittelalterliche Gruppen. Menschen der Neuzeit unterliegen wieder anderen Beeinflussungen.

Eine wesentliche Rolle der Beeinflussung spielen Religionen und Ideologien, wobei starke Begünstigung bei Not und Mangelerfahrung eintritt, was den Erfolg für Demagogen steigert. Aber auch ohne solche Begünstigung spielt die Empfänglichkeit für oft wiederholte Ansichten, die nur bei oberflächlichem Betrachten als zutreffend erscheinen, eine Rolle. Tieferes Nachdenken bleibt dabei ausgeschaltet.

Le Bon weist in seiner Psychologie der Massen [15] darauf hin, dass auch intelligente Vertreter durch die Massenanschauung beeinflusst werden. Das gilt für ruhige Zeiten, aber noch mehr nach dem Dambruch bei der Einleitung neuer Epochen.

Durch unterschiedliche Erfahrungen und Beeinflussungen können sich im Prinzip gleich veranlagte Individuen auch unterschiedlich entwickeln, wenn sie dauerhaft verschiedenen Einflüssen unterliegen. Wie weitgehend eine

Prägung durch verschiedene Einflussnahme erfolgen kann, lehrt die Entwicklung in beiden Teilen des ehemals getrennten Deutschland.

Nicht immer war die Hauptmenge der Individuen prägend für die Zeit, das trifft nur für ruhige Zeiten zu. Ergeben sich zu viele Widersprüche in den Erfahrungen der Individuen, so baut sich ein Konfliktpotential auf. Individuen sondern sich zum Teil aus dem Normverhalten der Zeit ab. Es bedarf nun der Initialzündung durch Einzelne, um neue Epochen einzuleiten, indem sie die Empfindungen des durch das Konfliktpotential vorbereiteten Gedankengutes überzeugend darstellen.

Dazu gehört eine hohe Energiekonzentration. Das Ausbrechen aus dem Zeitgeist ist für diese den Umbruch propagierenden Persönlichkeiten immer nur durch großen Energieeinsatz erreichbar. Es muss eine hohe Aktivierungsenergie aufgebracht werden analog zu Molekülen in chemischen Reaktionen (vgl. S. 117). Im Umbruch wird der freie Antrieb stark negativ, geht über den Normalbereich ΔF_{norm} hinaus und erreicht einen kritischen Wert $F_{\text{krit}}^{\text{ges}}$.

Kipp-Punkte

Karl Lanius ist in seinem Vortrag *Tipping Points-Beispiele aus Natur und Gesellschaft* [16] auf Kipp-Punkte eingegangen, in denen chaotisches Geschehen eine Rolle spielt. Er verwendet dazu die Erwärmung von Flüssigkeiten im Übergang von Wärmeleitung zur Konvektion und im schließlichen Umbruch zur Turbulenz. Die Konvektion von Meeresströmungen wird durch Dichteunterschiede bei salzhaltigem Wasser und Schmelzwasser gesteuert, was bei Änderung der Konvektion Kipp-Punkte im Strömungsverhalten und Einflussnahme auf das Klima verursacht. Schließlich ist der wachsende Unterschied zwischen Arm und Reich, wie Karl Lanius ausführte, ein Parameter, der Kipp-Punkte in der Gesellschaftsordnung hervorzurufen in der Lage ist.

Wann eine Umwandlung eintritt, kann auf lange Sicht nicht vorausgesagt werden. Ausgangsbedingungen und auftretende Störfaktoren, die sich exponentiell verstärken können, sind zu komplex, um genauere Langzeitabschätzungen zu ermöglichen.

Bei welchem kritischen Wert $F_{\text{krit}}^{\text{ges}}$ der Kippunkt ausgelöst wird, ist auf Grund des kompliziert chaotischen Charakters des Systems nicht ohne weiteres vorhersehbar. Bei der Französischen Revolution und bei der Oktoberrevolution in Russland waren die Werte offensichtlich überschritten. Die Aufnahmekapazität v war auch insgesamt zu klein geworden.

Eine Näherung an den Wert von $F_{\text{krit}}^{\text{ges}}$ lässt sich trotz der schwierigen exakten Voraussage dennoch bemerken. Das Überschreiten ist immer deutli-

cher zu befürchten, der Umbruch kündigt sich an. Eine Art Resonanzaufschaukelung tritt ein.

Im Prinzip analog verhält es sich mit dem kritischen Wert des Individuums, gekennzeichnet durch $F_{\text{krit}}^{\text{ind}}$. Nur die Auswirkung auf die allgemeine Lage ist verschieden. Die Betroffenheit und damit die Wucht des Vorganges ist im gesellschaftlichen Ausmaß naturgemäß viel größer, für das Individuum selbst kann $F_{\text{krit}}^{\text{ind}}$ jedoch dem Empfinden nach einen nicht weniger gravierenden Eindruck hinterlassen als die Überschreitung von F_{krit} in der Gesellschaft.

Für den umgekehrten Fall der Resignation, also $F \rightarrow 0$, gibt es in der Gesellschaft auch Beispiele. Es handelt sich dann um einen Anstieg an Desinteresse für bestimmte Gebiete, wie es z. B. in Form des politischen Desinteresses zum Ausdruck kommt. Ursache ist ein Auseinanderdriften von interessierenden Themen bei verschiedenen Teilen der Gesellschaft, was auch Kipp-Punkte vorbereiten kann.

Auch in diesem Zusammenhang ist die analoge Betrachtung von Gesellschaft und Individuum in gleicher Weise gültig. Der Unterschied ist wohl darin begründet, dass im Falle der Gesellschaft die Bedeutung dieser Entwicklung in einer breiteren Möglichkeit zur Vorbereitung von Kipp-Punkten liegt, indem dann ein anders gearteter, nämlich der aktiv veranlagte Teil, eher zum Handeln gedrängt wird.

$F_{\text{krit}}^{\text{ges}} \rightarrow 0$ ist gewissermaßen ein Vor- oder auch Parallelläufer zum Kipp-Punkt. Beide Abläufe werden zunächst von unterschiedlichen Gesellschaftsteilen repräsentiert, wobei Individuen nach Erfahrungsimpulsen auch zwischen den Teilen wechseln können.

Nach heutigem Kenntnisstand befinden wir uns in einer Situation, in der Ursachen für die Ausbildung von Kipp-Punkten bekannt sind oder mit hoher Wahrscheinlichkeit formuliert werden können. Es wird dann mit mehr oder weniger Erfolg versucht, dem Trend entgegen zu wirken, um die Gefahr des Erreichens von $F_{\text{krit}}^{\text{ges}}$ zu mindern.

Ein hohes Konfliktpotential entwickelt sich im größer werdenden Unterschied zwischen Arm und Reich. Auch das Ausmaß an Arbeitslosigkeit wirkt sich auf die Tendenz zur Abkehr vom Normalverhalten aus.

Die Schwierigkeit besteht darin, dass verschiedene einflussreiche Teile der Gesellschaft unterschiedliche Meinungen über die Ursachen und das Ausmaß der Differenzen haben, die zum Kippunkt treiben. Wann $F_{\text{krit}}^{\text{ges}}$ erreicht ist, kann mit Sicherheit nur unmittelbar vorher gesagt werden, denn auch vorzeitige Warnungen Einzelner sind noch nicht einflussreich genug

und werden verdrängt. Das Konfliktpotential muss erst eindeutig herausgebildet sein und Oberhand gewinnen.

Auch in einfacheren Fällen, wo die Ursachen mit großer Wahrscheinlichkeit eingegrenzt werden können - wie im Falle der Finanzkrisen - und Regulierungen zum Eindämmen der Gefahr erfolgen könnten, wird wenig dauerhaft Wirksames unternommen, da dann gleichzeitig an den bisherigen Grundüberzeugungen der vorliegenden Gesellschaftsordnung gerüttelt werden muss. Die Bewegung in Richtung auf den Kippunkt erweist sich auch im Lichte dieses Beispiels als hoch komplex.

Deshalb gilt für die Voraussage der Kipp-Punkte im gesellschaftlichen Bereich umso nachdrücklicher die Feststellung, dass wir nach unserem heutigen Wissen das Auftreten der Kipp-Punkte, wenn sie nicht unmittelbar bevorstehen, nur zu einer unbekanntem Zeit voraussagen können. Eintreten werden sie schließlich, denn alles, was lange genug möglich ist, wird sich irgendwann ereignen, wenn nur genügend Zeit abgelaufen ist, wobei vorhandene Triebkräfte begünstigend wirken.

Ich schließe mit dem Lehrsatz des Leukipp:

Nichts geschieht zufällig, sondern alles aus einem Grunde und mit Notwendigkeit.

Literatur

- [1] Lothar Kolditz, Kollektivität und Emergenz – die Weltformel, Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Band 105 [2010] 91-106.
- [2] Steven Strogatz, Synchron – vom rätselhaften Rhythmus der Natur, Berlin Verlag GmbH 2004, 458 S., S. 263/265.
- [3] Steven Strogatz, vgl. [2], S. 259.
- [4] G. Sussman, J. Wisdom, Chaotic Evolution of the Solar System, Science 257 [1992] 56-62.
- [5] Didier Sornette, Why Stock Markets Crash, Princeton University Press 2003, Princeton and Oxford.
- [6] Werner Ebeling, Karl Lanisus, Zur Vorhersagbarkeit komplexer Prozesse, Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Band 42 [2000] 5-26.
- [7] Lothar Kolditz, Evolution – Intelligenz - Toleranz, Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Band 56 [2002] 97-105, S. 100; Entwicklung von Toleranz, ibidem, Band 65 [2004] 19-26, S. 24.
- [8] Nicole Wedemeyer, Beeinflusst das Knochenmark unser Verhalten? Spektrum der Wissenschaften 10/2010, S. 14-16.
- [9] Edgar Dahl, Denn sie wissen nicht, was sie tun, Spektrum der Wissenschaft 06/2010, S. 72-76.

- [10]Michael Pauen, Viele wissen eben doch, was sie tun! Spektrum der Wissenschaft 06/2010, S. 76-78.
- [11]Thomas Heams, Die Rolle des Zufalls bei der Genexpression, Spektrum der Wissenschaft Spezial 1/10 [2010] S. 32-39.
- [12]Jean-Jacques Kupiec, Die DNA zwischen Zufall und Notwendigkeit, Spektrum der Wissenschaft Spezial 1/10 [2010] S. 40-47.
- [13]Peter Spork, Der zweite Code, Epigenetik oder: Wie wir unser Erbgut steuern können, Rowohlt Taschenbuchverlag 2009.
- [14]Joachim Bauer, Das Gedächtnis des Körpers, wie Beziehungen und Lebensstile unsere Gene steuern, Piper München-Zürich, 15. Auflage 2009
- [15]Gustave Le Bon, Psychologie der Massen, Nikol Verlag 2009, 203 S. Der Text der Ausgabe basiert auf dem Text der Ausgabe von 1911.
- [16]Karl Lanius, Tipping Points-Beispiele aus Natur und Gesellschaft, Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Band 107 [2010] 5-36.