

## Kreativität und das rigorose Chaos

### Einführung 1. Teil

Gottlieb GUNTERN

#### 1. Die Faszination des Chaos

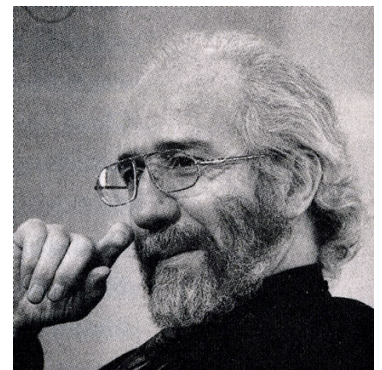
##### ***Also sprach Zarathustra***

„Ich sage euch: man muß Chaos in sich haben, um einen tanzenden Stern zu gebären.

*Ich sage euch: ihr habt noch Chaos in euch!“*

Nietzsche

Chaos ist ein Begriff der mit vielen anderen Begriffen verwandt ist, hinter denen etwas steckt, was wir nicht verstehen, und die deshalb in uns Sympathie oder Antipathie, Begeisterung oder auch Furcht auslösen können. Zu diesen Begriffen gehören *Unordnung, Schlamperei, Freiheit, unstrukturierte Leere, Formlosigkeit, Zufall, Turbulenz, Nichtvoraussagbarkeit, Instabilität, Unsicherheit, Krise und Spontaneität*. Die hierzu komplementären Begriffe sind *Ordnung, Rigorismus, Strukturzwang, Struktur, Form, Gesetz, laminarer Ereignisstrom, Voraussagbarkeit, Stabilität, Sicherheit, Routinesituation und rationale Berechnung*.



Die westliche Kultur hat eine lange Tradition, die eine deutliche Bevorzugung jener Begriffe verrät, die am Ordnungspol angesiedelt sind.

Dementsprechend weiß man auch relativ viel darüber. Auf der anderen Seite hat die westliche Kultur — ganz im Unterschied zu anderen Kulturen — die Begriffe die am Chaospol angeordnet sind, schon immer scheel angeblickt. Entsprechend groß ist denn auch das allgemeine Wissensdefizit auf diesem Gebiet. Zwei Anekdoten, die mit dem Begriff der Turbulenz zu tun haben, sollen dieses Faktum illustrieren.

Der britische Mathematiker und Physiker Sir Horace Lamb soll 1932 gesagt haben: „Ich bin jetzt ein alter Mann, und wenn ich sterbe und in den Himmel komme, so gibt es zwei Dinge, auf deren Aufklärung ich hoffe. Das eine ist die Quantenelektrodynamik, das andere die turbulente Bewegung von Fluiden. Und was das erste angeht, bin ich wirklich ziemlich optimistisch.“

Der Quantenphysiker und Nobelpreisträger Werner Heisenberg soll 1976 auf seinem Totenbett gesagt haben, er werde zwei Fragen an den Herrgott haben: „Warum existiert die Relativität, und warum



existiert die Turbulenz?“, und er fügte hinzu: „Ich glaube wirklich, daß er eine Antwort auf die erste Frage haben könnte.“

Inzwischen hat die zeitgenössische Chaostheorie, wie wir noch sehen werden, einige Antworten auf diese Fragen gefunden. Diese Antworten sind hochinteressant, und sie werfen ein erhellendes Licht auf die Frage der Kreativität.

Kreative Menschen schlagen sich, wie dies übrigens sämtliche Menschen tun, dauernd mit dem Zusammenspiel von Ordnung und Chaos herum. Je nach Temperament, Persönlichkeit, Aufgabe und äußeren Umständen organisieren sie sich unterschiedlich. Es gibt Kreative, die eher zum Ordnungspol, und andere, die eher zum Chaospol neigen.

In diesem Sinne sagte der französische Schriftsteller Gustave Flaubert (*Madame Bovary*), daß er lieber sterben würde wie ein Hund, als nur einen einzigen Satz stehen zu lassen, der noch nicht perfekt geschliffen sei. Demgegenüber lautete Pablo Picassos Credo: „Quand c'est fini, c'est foutu!“ Als ich 1992, anlässlich des Zermatter Symposiums, den kolumbianischen Schriftsteller und Nobelpreisträger Gabriel Garcia Marquez fragte, ob er in dieser Hinsicht eher Flaubert oder eher Picasso gleiche, erwiderte er, ohne eine Sekunde zu zögern: „Bei mir herrscht immer das rigorose Chaos.“

Diese Aussage, die die beiden Pole Ordnung und Chaos in einem suggestiven Paradox vereint — und zudem der Wirklichkeit des kreativen Prozesses am besten gerecht wird —, lieferte uns den Titel für das Internationale Zermatter Symposium von 1993, das dem Zusammenspiel von Ordnung und Chaos im kreativen Prozeß gewidmet war. Im vorliegenden Buch werden die wichtigsten Ergebnisse zusammengefaßt.

Auf den folgenden Seiten möchte ich eine Einführung in dieses Thema geben, um den Lesern dieses Buches den Einstieg in die Vorträge und Diskussionen zu erleichtern. Darin werden die historischen Entwicklungslinien und Grundkonzepte der zeitgenössischen Chaostheorie diskutiert sowie einige daraus abgeleitete Hypothesen zur Natur des kreativen Prozesses aufgestellt.

## **2. Zur historischen Entwicklung relevanter Ideen**

### **Mythische Vorstellungen zum Thema Chaos und Ordnung**

Die Mythen, die zu den großen kreativen Leistungen der Menschheit gehören, waren gewissermaßen die historischen Vorläufer der Wissenschaften. Sie haben in allen Kulturen der Erde in einer bildhaften,



im Prinzip vor allem mündlich tradierten Form beschrieben, wie das Universum und die Lebewesen entstanden sind, wie sie ihre Existenz und Identität erhalten, weiterentwickelt und — gelegentlich auch — aufgelöst haben.

In den Mythen aller Völker wurde dem dynamischen Zusammenspiel von Chaos und Ordnung jeweils ein wesentlicher Platz eingeräumt. Wie sehr diese Vorstellungen, bei aller Verschiedenheit der Kulturen, die sie hervorgebracht haben, einander gleichen, mögen die folgenden Beispiele belegen. In Nordarizona gibt es auf einer Mesa, einem flachen Felshügel, der von steilen Kliffs begrenzt ist, ein Dorf. Es heißt Oraibi und gilt als die älteste dauernd belebte Siedlung Amerikas. Hier und in ein paar umliegenden Dörfern leben die Hopi-Indianer, die sich selbst *Hopiti*, „das friedliebende Volk“ nennen. Sie besitzen ein Weltbild, das intuitiv das Weltbild der Relativitätstheorie und der Quantenmechanik vorweggenommen hat. Sie betrachten die Welt nicht als ein statisches Etwas, sondern als ein einziges zusammenhängendes Ereignisfeld voller dynamischer Prozesse, in die sie als integraler Bestandteil, besser: als integrales Ereignis verwoben sind. Ihre Sprache kategorisiert die Welt der Ereignisse nicht mit Hilfe von „Ding“-Wörtern, die eine fixierte Welt vortäuschen, sondern vor allem mit Hilfe von Tätigkeitswörtern, die Bewegung und Vibration suggerieren. Der Begriff „fliegen“ zum Beispiel kann bei ihnen sowohl einen Vogel, einen geworfenen Stein als auch ein Flugzeug bezeichnen. Sie sind der Ansicht, daß unsere heutige Welt bereits die vierte Welt ist und vor dieser Welt bereits drei verschiedene Welten entstanden und wieder vergangen sind. Dies ist ganz offenbar eine intuitive Vorwegnahme der Weltansicht der modernen Astrophysik, die das Universum als ein pulsierendes Ereignis ansieht, das sich selbstorganisierend vom Urknall zu maximaler Ausdehnung entwickelt hat und anschließend wieder zu einem hochkomprimierten Punkt verdichtet, der erneut explodieren wird.

Ihr Schöpfungsmythos besagt, daß es anfangs nur den Schöpfergott Taiowa gab sowie Topkela, den endlosen Raum, der weder Form noch Zeit noch Leben aufwies. Mit anderen Worten, am Anfang waren das oberste Ordnungsprinzip und das Chaos gleichzeitig vorhanden. Daraus entstanden dann die Strukturen der geordneten Welt, bis sich schließlich *manas*, das oberste Strukturmuster, das alle existierenden Dinge innig vernetzt, entwickelt hat.

Man nimmt heute an, daß die amerikanischen Ureinwohner während der Eiszeiten, und zwar in wiederholten Schüben, von Asien her über die Beringstraße nach Alaska eingewandert seien und dann bis Südamerika vorgedrungen sind. Das mag auch die überraschende Übereinstimmung des Hopi-Mythos mit dem chinesischen Schöpfungsmythos erklären. Diese Schöpfungsgeschichte schildert die Vorgänge folgendermaßen: Am Anfang der Welt entsprang dem Chaos ein Strahl reinen Lichts, Yang genannt. Er errichtete den Himmel. Aus dem zurückbleibenden Yin, dem schweren Trüben, entstand die Erde. Yin (dunkel, weiblich) und Yang (hell, männlich) schufen nun „die zehntausend Dinge“, d. h. alles, was existiert. Und da Yin und Yang ursprünglich beide dem



Chaos entsprangen, behalten sie für immer dessen Eigenschaften bei. Nimmt das Yin Überhand, entsteht Chaos. Dasselbe gilt für den Fall, daß das Yang überwiegt. Nur wenn das dynamische Zusammenspiel von Yin und Yang fein ausbalanciert ist, bleibt die richtige Ordnung des Seins erhalten.

Derselbe Reigen von Werden und Vergehen, den die Hopi-Indianer beschreiben, ist auch im Schöpfungsmythos der alten Hindus zu finden. Der Schöpfergott Vischnu erschafft in einem visionären Schlummer die Welt. Von Zeit zu Zeit zertantzt der Zerstörergott Schiwa diese Welt und läßt sie in einem Flammenmeer aufgehen. Doch dann schlummert Vischnu erneut ein, und im Spiel seiner Imagination entsteht eine neue Welt.

In unserem abendländischen Kulturkreis, der an den Gestaden des Mittelmeers seinen Anfang nahm, gibt es ebenfalls zwei Schöpfungsmythen, die das besagte Thema einmal mehr variieren.

In der Genesis, im ersten Kapitel des Alten Testaments, das vor rund dreitausend Jahren niedergeschrieben wurde, steht, ursprünglich habe das Tohuwabohu geherrscht, d. h. Ödnis und Leere. Aus diesem Tohuwabohu schuf Gott dann Himmel und Erde.

Die Griechen hatten einen besonderen Hang zur bilderreichen Ausschmückung ihrer Geschichte. In der Theogonie Hesiods (ca. 750 — 675 v. Chr.), der die Geschichte der Welt besingt, heißt es: „Chaos wurde zuerst geboren, und nach ihm kam die breitbrüstige Gaia.“ Chaos war der ungeordnete Urstoff, Gaia die Mutter Erde. Die von ihnen abstammenden Göttinnen und Götter, den Menschen darin sehr ähnlich, taumelten in der Folge dauernd zwischen Chaos und Kosmos (festgefügt, strukturiertes Universum) hin und her.

### **Die Entwicklung wissenschaftlicher Vorstellungen zum Thema Chaos und Ordnung**

Die Wissenschaft, in der Renaissance angetreten mit dem rationalen Anspruch, Ordnung und Licht in den Aberglauben des finsternen Mittelalters zu bringen, benahm sich zuerst einmal wie ein strenger Sheriff, der das Chaos unter Kontrolle bringen und bei randalierenden Cowboys und schießwütigen Pistoleros für *law and order* sorgen soll. Aus diesem Grunde wurden denn auch zu Beginn der neuzeitlichen Wissenschaft die Ideen des Zufalls, der Unberechenbarkeit und des Chaos, die die Ereignisse der Welt zu beschreiben und zu erklären versuchten, kurzerhand aus dem Wortschatz der Ordnungsstifter getilgt.



Johannes Kepler (1571 — 1630), der große Astronom der damaligen Zeit, verkündete ein Motto, das übrigens jedem kreativen Menschen gute Dienste leisten kann: „Und ich schätze mehr als alles andere die Analogien, meine vertrauenswürdigen Lehrmeister. Sie kennen alle Geheimnisse der Natur, und die müßte man in der Geometrie am wenigsten vernachlässigen.“ Er verwarf die bis dahin gültige Metapher vom Universum als „göttlichem Organismus“. Er verglich es mit einem Uhrwerk, dem Inbegriff von Ordnung, Berechenbarkeit und Voraussagbarkeit, das, ganz im Gegensatz zu einem mit Launen und freiem Willen ausgestatteten Organismus, strikt von vorprogrammierten Gesetzen beherrscht wird. Damit läutete er das Zeitalter des *mechanistischen Denkens* ein.

Kepler beschrieb als erster die elliptischen Bahnen der Himmelskörper und formulierte drei Gesetze der Planetenbewegungen. Ihm folgte Isaac Newton (1643 — 1727), der im Jahre 1664 vor der Pest in London floh und daheim im Hause seiner Mutter, in Woolsthorpe in Lincolnshire, ein *annus mirabilis* (Jahr des Wunders) erlebte, eine in der Geschichte der menschlichen Kreativität einmalige Periode höchster kreativer Leistungen. In anderthalb Jahren brachte er Ordnung in die Welt der Erkenntnis, indem er jene Naturgesetze und wissenschaftlichen Methoden formulierte, die ihn dann bereits im Alter von 25 Jahren auf den Lehrstuhl für Mathematik in Cambridge brachten. Er formulierte das Gesetz der Schwerkraft, das ihm das Verhalten von Planeten sowie Ebbe und Flut zu erklären half. Er formulierte die Bewegungsgesetze der Mechanik. Er formulierte die sogenannte Fluxionsrechnung, die Differential- und Integralrechnung, die es unter anderem erlaubt, langsame und kontinuierliche Strukturveränderungen zu berechnen. Er stellte eine Lichttheorie auf, die nachwies, wie sich die verschiedenen Spektralfarben zum weißen Licht kombinieren. Newtons 1687 publiziertes Hauptwerk *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* gilt als ein zeitloses Monument der kreativen (es gibt auch eine reproduktive und eine rein produktive!) Wissenschaft. Es verkörperte den Triumph des logisch-rationalen Denkens, das Ordnung ins unentwirrbar scheinende Chaos der beobachtbaren Ereignisse bringt. Für Newton war das Universum ebenfalls ein gigantisches Uhrwerk, das sozusagen mit der Präzision — und deshalb auch mit der zuverlässigen Voraussagbarkeit — einer soliden Schweizer Uhr funktionierte. Chaos, Zufall, Unordnung und Spontaneität hatten keinen Platz in diesem Weltentwurf. Alle Ereignisse waren von ewig gültigen Naturgesetzen bestimmt, über deren Einhaltung der Herrgott persönlich wachte.

Descartes (1596 — 1650), der als Vater des Rationalismus gilt, ging auf dem gleichen Weg einen Schritt weiter. In seiner sechsten „Meditation“ teilte er den Menschen in eine *res extensa* (*res* = Sache, Ding; *extensus* = ausgedehnt, Raum einnehmend) und in eine dimensionslose, keinen Raum einnehmende *res cogitans* (*cogitare* = denken, erwägen) ein. Den raumeinnehmenden Leib bezeichnete er als „Maschine, aus Fleisch und Knochen gemacht“. Die Seele ließ er außen vor.



Kommen wir zurück auf das physikalische Weltbild von Kepler und Newton. Der französische Mathematiker und Astronom Laplace (1749 — 1827), der wichtige Beiträge zur Theorie der Schwerkraft lieferte und dessen *Traité de la Mécanique Céleste* ein wissenschaftlicher Klassiker ist, träumte den Newtonschen Ordnungstraum zu seinem logischen Ende. Laplace stellte sich vor, daß ein genialer Geist, der die Positionen aller Himmelskörper zu einem bestimmten Zeitpunkt und auch sämtliche auf diese Körper einwirkenden Kräfte kennen würde, sowohl sichere Ereignisvoraussagen für Jahrtausende treffen wie auch die Geschichte mit völliger Exaktheit Millionen Jahre zurückverfolgen könnte:

„Sie [diese höchste Intelligenz] würde die Bewegungen der größten Himmelskörper des Universums unter der gleichen Formel begreifen wie die des leichtesten Atoms; nichts wäre ihr ungewiß, und die Zukunft wie Gegenwart lägen ausgebreitet vor ihrem Blick.“

Zweifel an dieser kosmischen Maschine kamen erst Ende des 19. Jahrhunderts auf, und dann auch nur zögerlich. Der erste Zweifel an der absolut sicheren Voraussagbarkeit von Ereignissen kam dem Physiker Boltzmann (1844 — 1906). In seiner Gasmolekültheorie der Thermodynamik geschlossener Systeme wies er nach, daß die Kollision zweier Gasmoleküle in einem geschlossenen Behälter nicht in Begriffen der Gewißheit, sondern nur in Begriffen der Wahrscheinlichkeit vorausgesagt werden konnte. Indem er die Gesetze der Statistik auf die Bewegungen von Gasmolekülen anwendete, wies er nach, daß es zwischen der Entropie ( $S = \text{Entropie} = \text{ein Maß der Unordnung}$ ) und der Wahrscheinlichkeit ( $W$ ) eine ganz spezielle konstante ( $k = \text{Proportionalitätskonstante}$ ) Beziehung gibt, die er im berühmten Zweiten Lehrsatz der Thermodynamik wie folgt formulierte:

$$S = k \cdot \log W$$

Was Boltzmann da entdeckt hatte, beunruhigte vorderhand niemanden. Es war, so nahm man an, ein Befund, der nur in einer ganz kleinen Enklave (nämlich in der Thermodynamik geschlossener Systeme), aber nicht im gesamten Universum Gültigkeit hatte. Boltzmann hatte, bildlich gesprochen, dem Newton-Laplaceschen Hauptkapitel eine Fußnote beigefügt, die als Ausnahme nur die allgemein gültige Regel bestätigte.

Der Mann, dem die ersten ernsthaften Zweifel an der Newton-Laplaceschen Ordnungsvision kamen, war der große französische Mathematiker Henri Poincaré (1854 — 1912). Ausgangspunkt seiner Überlegungen war die Frage: „Wie stabil ist unser Sonnensystem?“ Seine Antwort war verblüffend. Er hatte die Berechnungen von Laplace und Lagrange (1736 — 1813) nachgeprüft und dabei etwas entdeckt, das ihn mit gelindem Entsetzen erfüllte. Er hatte nämlich bemerkt, daß Laplace und Lagrange ihre Berechnungen stark vereinfacht hatten, indem sie den Newtonschen Kalkulus anwandten, der die Bewegungen von jeweils nur zwei Himmelskörpern zu berechnen erlaubte. Dabei hatten sie die vielen kleinen, wechselseitigen Störungen zwischen den verschiedenen Planeten vernachlässigt und als unbedeutend abgetan. Poincaré zog diese Interaktionen jedoch in Betracht



und kam zu der Ansicht, daß diese Wechselwirkungen einander resonanzartig derart aufschaukeln konnten, daß die Planeten aller Wahrscheinlichkeit nach eines Tages ihre festgefügtten, elliptischen Bahnen verlassen würden.

Mit anderen Worten, das Sonnensystem war keineswegs so stabil, wie man bisher vermutet hatte. Die Rädchen dieser gigantischen kosmischen Uhr konnten sich gegenseitig derart stören, daß irgendwann das ganze Gebilde auseinanderfliegen konnte, als hätte ein boshafter Uhrmacher seinerzeit tief im Inneren des Uhrwerks eine verborgene Sprengladung platziert. Poincaré, ein außergewöhnlich kreativer Mensch, der sich bereits auf den Spuren der Relativitätstheorie befand und sich auch zur Natur des kreativen Prozesses allerhand Gedanken machte, hatte, zu seinem großen Erstaunen und Mißvergnügen, ein Phänomen entdeckt, das wir heute als *deterministisches Chaos* bezeichnen. Er entdeckte als erster, daß durch Naturgesetze strikt determinierte Naturvorgänge, die unendlich oft ablaufen, schließlich aus sich heraus und ohne Einwirkungen von außen Chaos und damit nichtvoraussagbare Ereignisse erzeugen können. Poincaré formulierte bereits 1903 mit erstaunlicher Luzidität ein Prinzip, das in der zeitgenössischen Chaostheorie als *sensitive Abhängigkeit von Anfangsbedingungen* bekannt ist: „Es kann der Fall eintreten, daß kleine Unterschiede in den Anfangsbedingungen große Unterschiede in den späteren Erscheinungen bedingen; ein kleiner Irrtum in den ersten kann einen außerordentlich großen Irrtum für die letzteren nach sich ziehen. Die Vorhersage wird unmöglich, und wir haben eine ‚zufällige Erscheinung‘.“

Mit Boltzmann und Poincaré hatte die Newton-Laplacesche Ordnungsvision bereits zwei unangenehme Störungen erlitten. Der nächste Angriff auf ihre Weltsicht kam aus der Quantenmechanik.

Im Jahre 1927 fand in Brüssel der fünfte Solvay-Kongreß statt, der dem Thema „Elektronen und Photonen“ gewidmet war. Wie üblich versammelte sich dabei die internationale Crème de la crème der Physiker zu einem angeregten Gedankenaustausch. Diesmal allerdings kam es zu einem heftigen Meinungsstreit zwischen vier Physikern und Nobelpreisträgern, der die Geister für lange Zeit spalten sollte. Bohr und Heisenberg wiesen nach, daß im Inneren eines Atoms Ereignisse nicht mit Sicherheit, sondern nur in Begriffen der Wahrscheinlichkeit voraussagbar sind. Einstein, unterstützt von Schrödinger, wehrte sich gegen diese Sicht der Dinge. Er formulierte seinen Einwand metaphorisch: „Gott spielt nicht Würfeln mit der Welt.“ Er war der Ansicht, daß der Zufall keinen Platz in der wissenschaftlichen Erklärung habe, sondern nur eine bequeme Schwindeletikette für Naturgesetze sei, die man noch nicht kenne.



Heute sieht es ganz so aus, als ob sich Einstein geirrt hätte. Und zwar nicht nur in Bezug auf die intratomare Landschaft. Der Ansatz von Poincaré, der sich — ähnlich wie seinerzeit Newton — mit dem Sonnensystem befaßt hatte, wurde inzwischen weiterverfolgt, und zwar mit einer Methode, die sehr langfristige Berechnungen ermöglicht. Der französische Astrophysiker Jacques Laskar stellte ein Computermodell unseres Sonnensystems auf und überprüfte dessen Richtigkeit, indem er die Resultate seiner Berechnungen mit den im Verlaufe der letzten 44 Jahrhunderte aufgezeichneten Planetenpositionen verglich. Dann ließ er sein dynamisches Modell auf dem Computer über 200 Millionen Jahre hinweg laufen und kam zu folgendem Ergebnis: „Das Sonnensystem ist chaotisch, nicht quasiperiodisch. Vor allem bei den inneren Planeten wie der Erde geht die Vorhersagbarkeit nach zig Jahrmillionen verloren.“

Mittlerweile hatten somit bereits Boltzmann, Poincaré, Bohr und Heisenberg sowie Laskar am Newton-Laplaceschen Weltbild der sicheren Voraussagbarkeit strikt determinierter Naturereignisse gerüttelt. Jetzt kam noch ein Meteorologe und sorgte definitiv für den Einsturz der Vorstellungen, die Einstein vergebens zu verteidigen versucht hatte. Im Jahre 1960 baute Edward Lorenz vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) ein Computermodell des Wetters auf und 1961 machte er, der sein Wettermodell auf der Basis weniger Parameter (definierte Meßgrößen von Temperatur, Windstärke, Windrichtung, Luftdruck etc.) betrieb, eine bahnbrechende Entdeckung. Sie ist seither als *Schmetterlingseffekt* bekannt und wies offenbar jene sensitive Abhängigkeit von Anfangs- oder Randbedingungen auf, von der bereits Poincaré gesprochen hatte. Der von Lorenz als Schmetterlingseffekt bezeichnete Vorgang bedeutete, „daß die minimalsten Abweichungen zu langfristig total unterschiedlichem Verhalten führten“.

Lorenz spielte auf seinem primitiven Computer immer wieder die gleichen Wetterentwicklungen durch und sah, daß auf den Grafiken, die der Computer ausspie, immer wieder die gleichen Datenmuster auftraten, die aber auch immer wieder nichtvorhersagbare Unregelmäßigkeiten aufwiesen. Er sah, mit anderen Worten, daß Ordnung und Unordnung eng miteinander liiert waren. Das Wetter auf seinem Computer verhielt sich etwa genauso wie das Wetter draußen.

Eines Tages kam ihm der „Zufall“ zu Hilfe. Er hatte genug vom Lärm, den sein Computer machte, und beschloß, einen Kaffee trinken zu gehen. Deshalb gab er noch einmal dieselben Daten in den Computer ein, um dasselbe Wetter noch einmal durchzuspielen. Dann verließ er den Raum. Aber als er von seiner Pause zurückkam, staunte er nicht schlecht. Auf einmal fand er eine ganz andere Wetterentwicklung vor. Er begriff sogleich, daß der Computer nicht spukte, sondern ein anderer Mechanismus im Spiel war. Im Gedächtnisspeicher seines Computers wiesen nämlich die Meßdaten sechs Stellen hinter dem Komma auf, und zwar 506127 auf seinem Papierausdruck aber erschienen nur die ersten drei. Er hatte nur diese drei Zahlen eingegeben, also 506 in der Annahme, daß die





Differenz von einem Zehntausendstel keinen Unterschied machen würde. Es stellte sich heraus, daß er sich gründlich geirrt hatte. Offenbar gab es eine geheimnisvolle Beziehung zwischen dem unregelmäßigen (nichtperiodischen) natürlichen Wetterverlauf und der Unfähigkeit von Meteorologen, das Wetter vorauszusagen. Lorenz sagte später: „Ich begriff damals, daß jedes physikalische System, das keine Periodizität aufweist, auch keinerlei Voraussagen erlaubt.“ Mit anderen Worten, eine sichere Wettervorhersage war im Prinzip für alle Zeiten unmöglich, denn es war unmöglich, in so einem komplexen, dynamischen System wie der Atmosphäre alle Daten mit genügender Präzision zu erheben; irgendwelche minimalen Abweichungen würden sich immer einschleichen. Lorenz faßte seine grundsätzliche Erkenntnis später in einem Interview mit der Zeitschrift *Discover* folgendermaßen zusammen: „In diesem Augenblick wußte ich: Wenn eine wirkliche Atmosphäre sich so benimmt (wie dieses mathematische Modell), so muß jede langfristige Wettervorhersage unmöglich sein.“

Diese Einsicht kann als die eigentliche Geburtsstunde der zeitgenössischen Chaostheorie betrachtet werden. Sie fügte sich allerdings, wie die meisten kreativen Durchbrüche in der Wissenschaft, in einen Reigen von Entdeckungen ein, die den Weg zu dieser Einsicht gepflastert hatten. Kreative Wissenschaftler hatten schließlich eine neue Gesetzmäßigkeit entdeckt, die Joseph Ford in Anspielung auf Einsteins berühmten Satz auf folgende Formel brachte: „Gott würfelt mit dem Universum. Doch sind die Würfel präpariert. Und das Hauptziel der Physik ist heute, herauszufinden, nach welchen Regeln sie präpariert worden sind und wie wir sie für unsere eigenen Zwecke benutzen können.“ Mit anderen Worten, Zufall und Gesetz wirken stets zusammen, um ein spezifisches Ereignis zu produzieren. Das ist, was der Begriff deterministisches Chaos impliziert.

Das gleiche gilt für den kreativen Prozeß. Darum lohnt es sich, ein wenig tiefer in die Geheimnisse der zeitgenössischen Chaostheorie einzudringen.

