

***Einführungsvortrag am 04. November 2005:***

**„Aktive Gesundheits- und Lebenspflege, Bewegung  
und Ernährung im Kontext  
Traditioneller Chinesischer Medizin  
4. - 6. November 2005“**

***Weilburg, Deutschland***

# **Harmonie und Chaos - eine Lebensordnung?**

***„Die Welt erscheint uns sehr komplex,  
weil sie sehr komplex ist!“***

© Arthur G. Sutsch  
Lord of Grimthorpe  
Auf der Sternwarte  
1715 Alterswil, Schweiz

*November 2005*

## Einleitung

Die Philosophien über den Menschen und was ihn bestimmt, gehen in Ost und West fast diametral auseinander.

Der *östliche* Wirkungskreis tendiert mehr zum Fluss der Elemente im Kosmos in einem sich dauernd verändernden Ganzen, welches mit ausgewogenen Kräften einhergeht, dabei die Natur als das Bestimmende ansieht und somit den chaotischen Verlauf der Dinge akzeptiert, dies jedoch als Harmonie auffasst. In dieser Grundhaltung entsteht vor einigen Tausend Jahren die TCM (Traditionelle Chinesische Medizin) mit dem Menschen als dynamisch-energetisches System, das sich ständig verändert. Nach der TCM gilt: im Gleichgewicht ist der Mensch gesund, Ungleichgewicht bedeutet Krankheit.

Der *westliche* Mensch sieht sich in einer teleologischen Sendung von einem Anfang hin auf etwas Endliches, Endgültiges. Nach dem klassischen Dualismus, der immer versucht dem Kosmos eine Ordnung abzugewinnen, um das Schöne, Reine als oberstes Ziel zu postulieren, beginnt am Ende des 20. Jahrhunderts die Erkenntnis sich durchzusetzen, nach der die Natur eben nicht nach der gedachten Ordnung funktioniert, sondern chaotisch abläuft. Bereits Johannes Kepler hat dies im Anfang des 17. Jahrhunderts erleben müssen.

Die Physik und die Naturwissenschaften im Allgemeinen haben enorme Erfolge mit ihrer modellhaften und abstrahierenden Darstellungsweise in den letzten 400 Jahren erzielt. Nur leider haben sie nie die Natur beschrieben, sondern wie der Mensch sie sich in seiner Vorstellung gemacht hat. In der aufkeimenden Chaos-Theorie als Erkenntnisträger des 21. Jahrhunderts liegen reichere und fortschrittlichere Möglichkeiten, als man sich oberflächlich besehen denkt. Und gerade darin finden sich die Berührungspunkte mit der östlichen Denk- und Vorgehensweise: im Versuch das Ganze zu sehen und zu verstehen, und für den Menschen zu nutzen.

# Harmonie

## Griechische Mythologie - Harmonia

In der griechischen Mythologie ist Harmonia die Göttin der Eintracht. Sie ist die Tochter des Kriegsgottes Ares und der Aphrodite, der Göttin der Liebe und Schönheit. Ferner ist sie die Gemahlin des Kadmos (=Kosmos, d.h. Welt, sinnvolle Ordnung) und Mutter des Polydoros, der Autonoe, der Semele, des Illyrios und der Agaue. Ihre Geschwister sind Phobos und Deimos (Furcht und Schrecken). Sie symbolisiert durch Namen und Person die Vereinigung zweier Gegensätze, welche die Voraussetzung für das Entstehen menschlicher Kultur schafft. Nach der attischen Sage ist sie die Tochter des Zeus und Mutter der Musen, somit also die Beschützerin der Wissenschaften und der Künste.

## Begriff und Geschichte

Die Harmonie (Zusammen)fügung bezeichnet allgemein die Übereinstimmung, Einklang, Eintracht, das Ebenmass in der:

- Kunst und der Ästhetik
- Malerei
- Musik einen Teilbereich der Harmonik.
- zwischenmenschlichen Kommunikation einen Gleichklang der Gedanken und Gefühle.



Schwäne, Symbol und Metapher für Harmonie

Der Begriff "Harmonie" wird in der Regel dort verwendet, wo man neben einer bestimmten Regelmäßigkeit in der Anordnung einzelner Objekte bzw. ihrer Teile noch einen Sinn, eine Wertbezogenheit anzumerken glaubt.

Aus diesem Grund wird der Begriff von den meisten Naturwissenschaftlern gemieden. Dennoch gibt es einige Fachbegriffe der Einzelwissenschaften, in denen der Ausdruck Harmonie vorkommt:

- harmonische Schwingung (Physik)
- harmonische Teilung (Geometrie)
- harmonische Reihe, harmonisches Mittel (Mathematik).

## Begriffsgeschichte

Bei der Herausbildung des Begriffs in der Antike bezog sich "Harmonie" auf Erscheinungen der Symmetrie. Der Harmoniebegriff wurde zunächst von den Pythagoreern in den Mittelpunkt philosophischer Betrachtungen gestellt. Man sah die Harmonie in der schönen Proportion als Einheit von Maß und Wert.

So wurde behauptet, die Bewegung der Himmelskörper folge bestimmten harmonischen Zahlenverhältnissen und bewirke eine (unhörbare) "Sphärenmusik". Heraklit versuchte, den Begriff "Harmonie" dialektisch als Einheit der Gegensätze zu fassen: "Das Widerstrebende vereinige sich, aus den entgegengesetzten (Tönen) entstehe die schönste Harmonie, und alles Geschehen erfolge auf dem Wege des Streites." Auch Platon stützte sich auf den Harmoniebegriff als Beleg seiner Ideenlehre. So entwickelte er Gedanken von den "Atomen", die aus Dreiecken bestehen, von der Harmonie des Kosmos, der Töne u. a. und übertrug sie auch in die Staatslehre.

Besonders in der *antiken theoretischen Medizin* wurde an diese naturphilosophische Harmonie angeknüpft. Sie leitete aus dem harmonischen Mischungsverhältnis bestimmter Säfte die Gesundheit und aus dem Fehlen dieses Verhältnisses die Krankheit ab. Die mittelalterliche Lehre von den verschiedenen Temperamenten der Menschen auf Grund eines bestimmten Maßes der Mischung der Grundsäfte des Körpers setzte die antike Tradition fort.

Die Harmonielehre der Antike hat zwei Quellen:

1. Die mathematischen Proportionen der Altpythagoreer und die sich daraus entwickelnde theoretische Musik der Lehre von den harmonischen Maßverhältnissen.
2. die dialektische Naturphilosophie, die nach den Vermittlungsgliedern der fundamentalen Gegensätze suchte und Harmonie als Vermittlung alles Gegensätzlichen ansah.

Boethius stellte die einflussreiche Theorie von den drei verschiedenen Arten von "Musik" auf ("Musik": der Inbegriff der Gesamtheit harmonischer Maßverhältnisse):

- *musica mundana* - die kosmischen Maßverhältnisse
- *musica humana* - die Harmonie der Seele, die des Körpers und die zwischen beiden
- *musica instrumentalis* - die harmonischen Maßverhältnisse des instrumentellen Musizierens.

Er weist der *musica mundana* die dominierende Rolle zu. Der Mensch hat die Pflicht, diese zu erkennen und selbst ein geregelteres Leben zu führen. Die mittelalterliche Astronomie bemühte sich, mit dem Modell von harmonisch aufeinander abgestimmten Sphärenbewegungen eine Erklärung der Himmelsbewegungen zu geben.

Johannes Kepler legte seinen astronomischen Forschungen die Vorstellung der Existenz einer "Sphärenharmonie" zugrunde. Eines seiner Hauptwerke trägt den Titel "Harmonices mundi" (1619). Als überzeugter Copernicaner geht Kepler der Frage nach, welche Zusammenhänge zwischen den Planetenbewegungen und den harmonischen Verhältnissen bestehen, wie sie aus der Musik und Geometrie geläufig sind.

In G. W. Leibniz' Lehre von der "universellen Harmonie" kommt die Auffassung von der durchgängigen Gesetzmäßigkeit der Welt zum Ausdruck. Zur Lösung des spezifischen

Problems der Bestimmung des Verhältnisses von Leib und Seele führte Leibniz den Begriff der "prästabilierten Harmonie" von Leib und Seele ein: Leib und Seele sollen wie zwei voneinander unabhängig gehende Uhren miteinander harmonieren.

Die Harmonie bis Leibniz basierte auf der Forderung der Existenz eines Systems, das aus miteinander nicht wechselwirkenden Elementen besteht. Mit der Entwicklung eines neuen Systembegriffs, vor allem des Isaac Newton in der Physik wurde die materielle Wechselwirkung Voraussetzung für die Existenz von Systemen. Damit büßte die Harmonie ihren ursprünglichen bedeutenden Einfluss auf die Naturauffassung ein. In Gestalt der Lehre von den "Wahlverwandschaften" als Basis der chemischen Verbindungen blieb sie jedoch noch bis ins 19. Jh. hinein von Einfluss.

Hegel bezeichnete mit Harmonie eine bestimmte Phase des dialektischen Widerspruchs, und zwar jene, in dem sich das qualitativ Verschiedene nicht nur als Gegensatz und Widerspruch darstellt, sondern "eine zusammenstimmende Einheit" bildet. Innerhalb seiner Lehre von den Maßverhältnissen definierte Hegel die in den musikalischen und chemischen Verhältnissen auftretenden Harmonien als "ausschließende Wahlverwandschaften, deren qualitative Eigentümlichkeit sich aber ebenso sehr wieder in die Äußerlichkeit bloß quantitativen Fortgehens auflöst" (in: Wissenschaft der Logik). Doch auch hier wird das Harmoniekonzept schließlich von der Analyse der konkreten chemischen Wechselwirkungen verdrängt.

## **Methodologie und theoretische Funktion**

In den Naturwissenschaften wurde der Begriff durch Begriffe wie Symmetrie, Ganzheit, System, Strukturgesetz u.a. ersetzt. Eine Bedeutung hat der Begriff der Harmonie als Heuristik Prinzip, wenn damit die Aufforderung verstanden wird, in der Vielfalt von objektiven Merkmalen und Beziehungen nach Strukturgesetzen zu suchen.

Harmonie bedeutet vor allem, *Gestalt und Funktion aller Teile eines Ganzen so abzustimmen, dass die Funktion der jeweils anderen Teile und vor allem die Funktion des Ganzen maximal befruchtet werden.*

Heute hat der Begriff der Harmonie seine Relevanz in der Ästhetik, den Kunstwissenschaften (Musik, Baukunst, Malerei), in der Pädagogik (*die allseitig entwickelte Persönlichkeit*) u. a.

## **Historische Ansichten**

Die Lehre des Heraklit von der Harmonie (oder Einheit) als Widerspruch schöpft also aus älteren Quellen: Widerstrebendes fügt sich und Auseinanderstrebendes ergibt Harmonie und alles entsteht durch Widerspruch.

Aristoteles kommentiert dazu in seiner Ethik: Die Natur strebt nach dem Entgegengesetzten und bringt hieraus, und nicht aus dem Gleichen die Harmonie hervor ... Auch die Kunst bringt dies, offenbar durch Nachahmung der Natur, zustande. Die Malerei mischt auf dem Bilde die Bestandteile der weißen und schwarzen, der gelben und roten Farbe und bewirkt dadurch die Ähnlichkeit mit dem Original; die Musik mischt hohe und tiefe, lange und kurze Töne in verschiedenen Stimmen und bringt dadurch eine einheitliche Harmonie zustande.

**Johann Georg Sulzer** („Allgemeine Theorie der Schönen Künste“, 1771/74) schreibt: Man hat hohe und tiefe Farben, wie hohe und tiefe Töne; und so wie mehrere Töne sich in einen Klang vereinigen können, in welchem keiner besonders hervorsticht, so findet dieses auch bei den Farben statt. Also ist in den Farben die Harmonie, das Konsonieren und Dissonieren von eben der Beschaffenheit, wie in den Tönen. Diese höchste Harmonie der Farben ... kann nur in den Gemälden erreicht werden, die aus einer Farbe gemalt sind, grau in grau oder rot in rot, welche Art zu malen die Welschen Chiaroscuro nennen. Aber: Obgleich nur der Unisonus die vollkommene Harmonie hat (s. Einklang), so ist er deswegen nicht die angenehmste Konsonanz, sondern nur die Volleste. Die Übereinstimmung des Mannigfaltigen (Concordia discors) ist allemal angenehmer als die noch vollkommene Übereinstimmung des Gleichartigen.

An diesem Punkt und nachdem er seinen Ausgangspunkt selbst widerlegt hat, kommt Sulzer an das alte Problem der Integration der Zeichnung: Von Licht und Schatten hängt ein großer Teil der Harmonie ab; denn schon dadurch allein kann ein Gemälde Harmonie bekommen. Die höchste Einheit der Masse oder die höchste Harmonie findet sich nur auf der Kugel, die von einem einzigen Lichte beleuchtet wird. Das höchste Licht fällt auf einen Punkt und von da aus als dem Mittelpunkt, nimmt es allmählich durch völlig zusammenhängende Grade bis zum stärksten Schatten ab. Dieses ist das Muster, an dem sich der Maler halten muss, um die vollkommene Harmonie in Licht und Schatten zu erreichen. Doch ist dieses nur von einzelnen Massen zu verstehen; denn wo das Gemälde aus mehreren besteht, da kann die Harmonie den höchsten Grad nicht haben, weil sich die verschiedenen Gruppen von einander absondern müssen. So kommt denn Sulzers beispielhaft akademische Betrachtungsart, der unterdessen ihr Ziel, die Integration von Farbe und Zeichnung, entfallen ist, zu entsprechend konsequenten Schlüssen: Also muss man nicht immer auf die höchste Harmonie arbeiten; weil sie oft das Ganze unkräftig machen würde.

**J. und W. Grimm** hielten während der deutschen Klassik fest, "Harmonie" sei zum Modebegriff geworden, und beschreiben Harmonie als Verbindung von einzelnen gleichzeitig angeschlagenen Tönen zu einem wohlklingenden Ganzen, die wohltuende Anordnung der Farben und Gruppen eines Gemäldes. Und in der Farbenlehre Goethes heißt es:... so entsteht doch die eigentliche harmonische Wirkung nur alsdann, wenn alle Farben nebeneinander im Gleichgewicht angebracht sind.

**Baudelaire** schreibt im Vorwort zu den ‚Blumen des Bösen‘ von einem Bedürfnis im Menschen nach Symmetrie und Überraschung. Eben zu seiner Zeit tritt bei den Malern an die Stelle der Harmonie häufig die Logik. So etwa bei Delacroix, oder bei Cézanne: Man muss sich so logisch wie möglich ausdrücken... Es gibt eine Farbenlogik, der Maler schuldet nur ihr Gehorsam. Niemals der Logik des Gehirns, wenn er sich der ergibt, ist er verloren. Immer der Logik der Augen. Ein Werk habe keine "Kraft", keinen "Ausdruck", keine "Logik" oder keine "Harmonie" meint weitgehend das Gleiche.

## Harmonie in der Musik

Harmonik ist einer der Parameter der Musik und umfasst alle stilistischen Formen des Zusammenklangs von Musik schlechthin, beginnend bei der frühen Mehrstimmigkeit des europäischen Mittelalters bis hin zu Klangstrukturen der modernen Musik. Wie die Mehrstimmigkeit ist die Harmonik eine europäische Entwicklung.

Unter Harmonielehre wird dagegen die *systematische Erfassung der Akkordgestalten* und des tonalen Klangraumes verstanden, verbunden mit methodischen Anleitungen zur fehlerfreien Handhabung der Klangverbindungen im Sinne der traditionellen Vorgaben der Musik innerhalb der dur-moll-tonalen Epoche (ca. 1600 bis in die Gegenwart).

Der Begriff "Harmonielehre" stützt sich auf Jean-Philippe Rameau (1683-1764) *Traité de l'Harmonie* (1722), ein Traktat, welches noch während der Zeit des Generalbass die Erkenntnisse der Fundamentalbasstheorie zu einer mehr analytisch ausgerichteten Theorie nutzt.

## Kepler und das Streben nach Harmonie

In seinem 1596 veröffentlichten Buch *Mysterium Cosmographicum* (Das Weltgeheimnis) versuchte Kepler, die Bahnen der damals bekannten fünf Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn mit der Oberfläche der fünf Platonischen Körper in Beziehung zu setzen. Die Umlaufbahn des Saturn stellte er sich dabei als Großkreis auf einer Kugel vor (noch nicht als Ellipse), welche einen Würfel (Hexaeder) umschließt. Der Würfel umschließt wiederum eine Kugel, welche die Jupiterbahn beschreiben soll (siehe Abbildung). Diese Kugel wiederum schließt ein Tetraeder ein, welches die Marskugel umhüllt usw. Diese Arbeit war nach Keplers Entdeckung des ersten nach ihm benannten Gesetzes - spätestens aber nach der Entdeckung entfernterer Planeten - nur noch von historischem Interesse.



Keplers Modell des Sonnensystems. Aus: *Mysterium Cosmographicum* (1596)

1600 nahm er eine Stellung als Assistent von Tycho Brahe an. Die Zusammenarbeit in Prag gestaltete sich allerdings kompliziert. Beiden war bewusst, dass sich ihre verschiedenen Begabungen ergänzten: Brahe war ein exzellenter Beobachter, seine mathematischen Fähigkeiten waren jedoch weniger ausgebildet als die Keplers. Der hervorragende Mathematiker Kepler hingegen konnte wegen seiner Kurzsichtigkeit kaum präzise Beobachtungen durchführen. Brahe fürchtete allerdings mit seinem umfangreichen Lebenswerk, den Aufzeichnungen astronomischer Beobachtungen der Planeten und Hunderter Sterne, allein Keplers Ruhm zu begründen. Hinzu kam, dass Brahe die astronomischen Ansichten von Kopernikus und Kepler nur ansatzweise teilte.

Als Nachfolger Brahes erhielt Kepler vollen Zugang zu dessen Aufzeichnungen. Auf diese Weise gelangte er zu der Auffassung, die Sonne übe eine in die Ferne wirkende Kraft aus, die mit wachsender Entfernung abnehme und die Planeten auf ihren Umlaufbahnen halte. Dies war zu seiner Zeit ebenso spekulativ wie die Vermutung, zwischen den Bahnen

der Himmelskörper und den platonischen Körpern bestehe ein innerer Zusammenhang. Die Auswertung der Brahe-Beobachtungen führte Kepler zu der Entdeckung, dass die Bahn des Mars kein Kreis, sondern eine Ellipse ist. Dies ist nicht offensichtlich, da die Bahnen der großen Planeten fast kreisförmig verlaufen. Kepler bemerkte auch, dass die Ellipse so im Raum angeordnet ist, dass einer ihrer Brennpunkte stets mit der Sonne zusammenfällt (erstes Keplersches Gesetz). Das zweite von ihm entdeckte Gesetz besagt, dass eine von der Sonne zu einem Planeten gezogene Gerade in gleichen Zeiträumen gleiche Flächen überstreicht. Das bedeutet: je weiter ein Planet von der Sonne entfernt ist, um so langsamer bewegt er sich. Diese beiden Gesetze veröffentlichte er im 1609 erschienenen Werk *Astronomia Nova* (Neue Astronomie).

Nach intensivem Studium der Daten Tycho's zur Umlaufbahn des Mars entdeckte Kepler am 15. Mai 1618 das dritte der nach ihm benannten Gesetze, welches er in dem im Jahr 1619 beschriebenen Werk *Harmonices Mundi Libri V* ("Fünf Bücher zur Harmonik der Welt") erläuterte: Danach ist das Verhältnis der dritten Potenz der durchschnittlichen Entfernung eines Planeten von der Sonne,  $d$ , zum Quadrat seiner Umlaufzeit stets unveränderlich:  $d^3 / T^2$  ist für alle Planeten gleich.

Planet	T	d	$T^2$	$d^3$	$T^2 / d^3$
Merkur	0,241	0,387	0,058081	0,057960603	1,002077221
Venus	0,615	0,723	0,378225	0,377933067	1,000772446
Erde	1	1	1	1	1
Mars	1,881	1,524	3,538161	3,539605824	0,999591812
Jupiter	11,863	5,203	140,730769	140,8515004	0,999142846
Saturn	29,458	9,555	867,773764	872,3526289	0,994751131

T = siderische Umlaufzeit in tropischen Jahren

d = große Halbachse in astronomischen Einheiten (Abstand Erde - Sonne)

Kepler sprach in diesem Werk von einem *harmonischen Gesetz*, da er glaubte, dass es eine musikalische Harmonie enthüllt, die der Schöpfer im Sonnensystem verewigte.

*Ich fühle mich von einer unaussprechlichen Verzückung ergriffen ob des göttlichen Schauspiels der himmlischen Harmonie. Denn wir sehen hier, wie Gott gleich einem menschlichen Baumeister, der Ordnung und Regel gemäß, an die Grundlegung der Welt herangetreten ist.*

In einem weiteren Manuskript beschrieb er eine Zusammenstellung von Übereinstimmungen zwischen der Bibel und wissenschaftlichen Sachverhalten. Auf Grund des Drucks seitens der Kirche konnte dieser Aufsatz nicht veröffentlicht werden. Derartige Auseinandersetzungen begleiteten Keplers Familie häufig.

Im Gegensatz zur Harmonie der Himmelskörper, die Kepler studierte, war diese Epoche von Hass, Angst und Intoleranz geprägt. Kepler war ein tief religiöser Mensch: *Ich glaube, dass die Ursachen für die meisten Dinge in der Welt aus der Liebe Gottes zu den Menschen hergeleitet werden können.* In dieser Zeit tobte der Dreißigjährige Krieg zwischen katholischen und protestantischen Parteien. Da Kepler mit keiner der beiden Seiten

übereinstimmte, ja, sich sogar erlaubte, sowohl Protestanten wie Katholiken zu seinen Freunden zu zählen, musste er mit seiner Familie mehrmals fliehen, um Verfolgungen zu entkommen. Die Verfolgung seiner Mutter durch die Inquisition tat ein Übriges, dass er sich sehr häufig um andere Dinge als die Wissenschaft der Planeten kümmern musste.

## Leibniz, der Universalgelehrte

### Prästabilisierte Harmonie

Die *prästabilisierte Harmonie* bezeichnet eine (eigentlich: im Voraus festgestellte) vorherbestimmte Einheit. Ein Grundbegriff der Leibniz'schen Philosophie ist zunächst zur Klärung des Leib-Seele Problems, dann allgemeiner Ausdruck für die allen Dingen innewohnende Ordnung, die Gott so eingerichtet habe, dass ein harmonisches, nämlich paralleles Geschehen ablaufe, ähnlich dem zweier Uhren, die genau einreguliert sind. Damit vertritt Leibniz einen starken Determinismus ab initio. Da beide Bereiche parallel verlaufen, erscheint es uns nur so, dass der eine (z. B. geistige) Bereich auf den anderen (z. B. körperlichen) einwirkt. Dieser Eindruck der Wechselwirkung zwischen Substanzen sei aber falsch und verletze die Gesetze des jeweiligen Substanzbereichs.

Synthese bedeutet die Vereinigung von Teilen zu einem ganzen, die Verbindung gegensätzlicher Dinge zu etwas Neuem. Harmonie ist ein prägender Begriff von Leibniz' Philosophie. Er beschreibt Harmonie als Summe von unendlich vielen und unendlich kleinen Krafteinheiten, sogenannte Monaden. Das sind die Urbestandteile der Weltsubstanz. Diese Krafteinheiten, die durch Gott vereint wurden, halten die Welt zusammen. Darüber hinaus ging Leibniz davon aus, dass Gott alles aus dem Nichts geschaffen hat und alles was Gott geschaffen hat, gut ist. Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass überall eine wunderbare Ordnung zu finden ist. Als Beispiel nennt er die Zahlen, da dort keine Veränderungen vorgenommen wurden. Dies ist ein überzeugendes Sinnbild des christlichen Glaubens, das Leibniz sogar zur Heidenbekehrung einsetzen wollte. „Alles weltliche Übel entsteht aus dem endlichen Wesen der Natur.“ Doch die Erkenntnis, dass die Welt in ihrer Unvollkommenheit ein notwendiges Teilübel und dadurch die bestmögliche aller Welten ist, macht den Vorwurf an das Gotteswerk Natur wieder wett.

## Symmetrie in der Physik

Die Symmetrie ist ein Ausdruck von Harmonie und wird als Begriff in der Physik eher verwendet als das alte Wort „Harmonie“. Symmetrie ist ein wichtiges Konzept in der Physik: Eine Symmetrie liegt vor, wenn sich das Verhalten eines physikalischen Systems bei Anwendung einer bestimmten Transformation (der Koordinatentransformation oder Spiegelung) nicht verändert. Man spricht auch von der Invarianz des Systems unter der entsprechenden Symmetrieeoperation.

Die wichtigsten kontinuierlichen Symmetrien der Physik sind:

- Homogenität der Zeit: Das Ergebnis eines Experiments hängt nicht davon ab, wann ich es mache. Der zugehörige Erhaltungssatz ist die Energie.
- Homogenität des Raumes: Das Ergebnis eines Experiments hängt nicht davon ab, wo ich es mache. Die zugehörige Erhaltungssatz ist die Impuls.

- Isotropie des Raumes: Das Ergebnis eines Experiments hängt nicht von seiner Orientierung ab. Die zugehörige Erhaltungssatz ist der Drehimpuls.
- Relativitätsprinzip: Das Ergebnis eines Experiments hängt nicht vom Inertialsystem ab, in dem es durchgeführt wird. Der zugehörige Erhaltungssatz ist der Schwerpunktsatz.

## Chaos

### Wörterbucheintrag

1. Ein Zustand oder Ort großer Unordnung, oder Durcheinander.
2. Eine unordentliche Menge, ein Durcheinander: der Schreibtisch war ein Chaos ungeöffneter Papiere und Briefe.
3. Der unregelmäßige Zustand nicht gebildeter Materie und unendlichen Raumes, wie er in einigen kosmologischen Ansichten vor einem geordneten Universum existiert hat.
4. Mathematik: Ein dynamisches System mit einer starken Abhängigkeit von ihren Anfangsbedingungen.

### Chaos – ein chinesischer Gott der Mythologie

In der Chinesischen Mythologie ist *Chaos* (ch: húndùn) der Name eines Gottes. Chaos wird beschrieben ohne Augen oder Ohren; er hatte einmal zwei Freunde in seinen Palast eingeladen, die ihm zwei Augen und zwei Ohren in seinem Kopf bauten, so dass er hören und sehen konnte. Er starb jedoch bald nachdem er seine Augen und Ohren bekommen hatte.

### Ur-Chaos

Die Idee fand sich zuerst in Mesopotamien, wo Tiamat der "Drache des Chaos" bedeutete; von seinem gliederlosen Leib bildete sich die Welt. Dies ist dasselbe ursprüngliche Chaos, welches die Schreiber der Genesis aufgriffen und es als die große Leere und das Nichts bezeichneten.

Ur-Chaos wird manchmal als die wahre Grundfeste der Realität bezeichnet, besonders von den Philosophen wie Heraklit. Es war der Gegensatz zu Platonismus. Es stand wahrscheinlich Aristoteles Pate, als er das Konzept der *prima materia* entwickelte in dem Versuch, Plato mit den Vorsokratikern und den Naturalisten zu kombinieren. Dieses Konzept wurde an die Theorie der Alchemie vererbt.

## Chaos bei den Griechen

Chaos leitet sich vom griechischen  $\chi\alpha\omicron\varsigma$  ab und bezeichnet typisch Unvorderbestimmbarkeit. Im metaphysischen Sinne ist es das Gegenteil von Recht und Ordnung: unbegrenzt und beides, kreativ und destruktiv. Das Wort  $\chi\alpha\omicron\varsigma$  bedeutete nicht "Unordnung" in der klassischen Periode. Es bedeutete "die ursprüngliche Leere, den Raum". Es wird aus dem Indo-Europäischen Begriff *ghn* oder *ghen* abgeleitet, welches "offen, weit geöffnet sein" bedeutet. Nachdem die Menschen des frühen Christentums das Wort falsch verstanden haben, änderte sich die Bedeutung zu "Unordnung" (das altgriechische Wort für Unordnung ist *ταραχη*).

- Mathematisch bedeutet Chaos ein unperiodisches deterministisches Verhalten mit einer Sensibilität für die Eingangsparameter.
- Das metaphysische Chaos wird häufig dem "Bösen" gleichgesetzt und das Rechte ist "gut".
- Das Chaos  $\chi\acute{\alpha}\omicron\varsigma$ , *cháos*) ist in der griechischen Mythologie ein ungeformter Weltzustand, der Ausdruck "Chaos" steht in etymologischen Nachschlagwerken auch für "ungeformte Urmasse der Welt"; klaffende Leere (des Weltraums), also "Unordnung" im Gegensatz zu der mit Kosmos gemeinten "Ordnung".
- Geographisch ist "Chaos" eine tiefe Bergschlucht auf dem Peloponnes, vergleichbar der Ur-Schlucht Ginnungagap der nordischen Mythologie.

Chaos beinhaltet drei Hauptcharakteristika:

- Einen unendlich tiefen Abgrund, in dem alles unendlich lange fällt: dass die Erde von ihm als stabiler Boden entsteht, bildet einen radikalen Kontrast zu dem Begriff Chaos.
- Ein Ort ohne Möglichkeit einer Orientierung, wohin alles in alle Richtungen fällt.
- Ein Raum, der trennt und teilt: nachdem Erde und Himmel sich getrennt hatten, blieb Chaos zwischen ihnen übrig.

## Chaos in der griechischen Mythologie

Nach der Theogonie des Hesiod, war das Chaos das "Nichts", aus dem die ursprünglichen Objekte der Existenz erschienen. Diese ersten Wesenheiten waren Gaia - die Erde, Tartarus - die Unterwelt, Eros - das Verlangen, Nyx - die Dunkelheit der Nacht und Erebus - die Dunkelheit der Unterwelt. So stellt sich Hesiod die Gottheiten vor, die jedem Element des Menschen zugeordnet werden können, beginnend mit den Ur-Elementen der Erde, der gestirnte Himmel und das Meer.

Der Logos, also das Prinzip der Welt (dem sogar noch die Götter unterworfen sind), besteht für Heraklit im Streit ("polemos"), der der "Vater aller Dinge" ist. Die sich ständig wandelnde Welt ist geprägt von einem *Kampf der Gegensätze, vom ewigen Widerspruch der Polaritäten*. Dabei aber geht es nicht um die zeitliche Ablösung des einen Pols durch den anderen; vielmehr geht es ihm um die *Gleichzeitigkeit und gegenseitige Verschränktheit der Gegensätze*. Denn für Heraklit sind alle Gegensätze wesentlich aufeinander bezogen; jeder einzelne Pol gewinnt seinen Sinn erst durch seine polare Differenz zum anderen: Krieg und Frieden, hell und dunkel, Tag und Nacht. "Einheit der Gegensätze" meint also: im Gegensatz noch zeigt sich eine tieferliegende, "verborgene" Einheit, ein Zusammengehören des Verschiedenen. "Einheit in der Vielheit" ist darum die klassische Formel (Platon prägte diesen Begriff), mit der sich der fundamentale Kern der heraklitischen Logosphilosophie auf den Begriff bringen lässt.

## **Chaos-Theorie – die Wissenschaft der Ganzheitlichkeit der Phänomene**

Aufbauend auf dem Schluss („Ausblick und neue Konzepte zur Ganzheitlichkeit“) meines Vortrages im Jahr 2004 soll dieser Vortrag mit einer Vertiefung des Begriffes Chaos fortfahren.

In diesem Teil des Vortrages werden Aspekte von nicht-linearen Systemen in der Chaos-Theorie angesprochen. Dabei werden einige Chaos-Phänomene und die fractale Natur näher beleuchtet und Anwendungen - aufgrund der Herkunft des Autors – auch im Weltall aufgezeigt.

Chaos basiert auf sogenannten „nicht-linearen Systemen“, die in den zurückliegenden Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts das Verständnis unseres Lebens entscheidend beeinflusst haben und in der Zukunft noch weitaus mehr beeinflussen werden.

Die Kurzform der sprachlichen Umschreibung dieser neuen Wissenschaft, „Chaos – Theorie“, ist ein wenig unglücklich für Außenstehende gewählt, da unter dem Terminus ‚Chaos‘ landläufig immer etwas Negatives verstanden wird, was nichts mit dieser Wissenschaft gemeinsam hat. Da man aber bemüht ist, kurze und prägnante Wortschöpfungen für komplexe philosophische und wissenschaftliche Phänomene zu finden, hat man den Terminus gewählt. Unter „Nicht-Linearität“ kann sich nämlich nicht jeder etwas vorstellen und außerdem wäre der Terminus zu eng gefasst. Ausdrucksformen, wie „Theorie des Wandels“ oder „Veränderung“, treffen den Kern ebenso wenig eindeutig.

Man kommt nicht umhin, die weitreichenden Implikationen dieser Theorie hinein in die Philosophie und Wissenschaftstheorie zu streifen, da sie fundamentale Veränderungen im Begriffsumfeld unserer Arbeit des Schaffens von Wissen und unseres Selbstverständnisses hervorruft.

Chaos-Theorie kann anhand von - scheinbar - sehr einfachen Vorgängen des täglichen Lebens erfahren und untersucht werden. Es stellt sich dabei heraus, dass diese Vorgänge in Wirklichkeit sehr komplex sind und von der klassischen Wissenschaft bewusst ausgegrenzt wurden, da sie derart komplexe Manipulationen beinhalten, die nicht dem Labormuster von Abstraktion auf rudimentäre Grundmuster (Kreise, Kugeln, Linien, Rechtecke, Quader, Kegelschnitte, etc.) unserer Untersuchungen entsprechen: es sind die Elemente unseres Lebens selbst, die Dinge, die uns täglich umgeben, und für welche die moderne Wissenschaft bis heute noch keine definitiven Erklärungen aufzeigen kann.

Man benötigt dazu weder riesige Teleskope, noch Teilchenbeschleuniger oder Massenspektrographen. Es genügt ein tropfender Wasserhahn, eine Fahne im Wind, ein Sandhaufen, ein Baum, ein Broccoli, eine kleine Holzkugel und eine Salatschüssel, um nur einige Experimentaufbauten zu nennen. Schnelle Computer sind ebenso wenig gefragt - nicht auf die letzte Technologie, der State-of-the-Art eines CRAY-Supercomputers, oder eines Pentium X-Prozessors kommt es an, sondern ein offenes, State-of-the-Art Denkvermögen ist gefragt. Ein Taschenrechner für 10 Franken genügt, wenn man Chaos-Vorgänge mathematisch nachbilden will.

## Zum Geleit – von der Ordnung zum Chaos

Den Dogmen der westlichen Kirche setzt mit dem Beginn der Renaissance der westliche Mensch die neuerwachte Wissenschaft gegenüber. Mit ihr glaubt er, über Jahrhunderte verlorenes Terrain gutmachen zu können, da er nun Erklärungen statt Ermahnungen und Vorhaltungen bekommt. Allgemein wird die Renaissance verstanden als die Neuentdeckung der Welt und dem Menschen darin.

In der westlichen Welt kann man den Beginn der heutigen Wissenschaft und das dazugehörige philosophisch-geistige Gerüst in der Renaissance sehen. Aufbauend auf den hervorragenden arabischen Forschungen während der „dunklen“ Phase des christlichen Mittelalters, d.h. des Eingeschnürtseins des menschlichen Geistes durch die christliche Kirche, regten sich mit dem Beginn der Renaissance erste zaghafte Versuche, dogmatischen Unfug und lachhafte Vorstellungen von unserer Welt über Bord zu werfen.

### **René Descartes** (1596-1650)

Descartes „erfand“ das Koordinatensystem, welches es erstmals gestattete, Abläufe in Funktion von einander, und damit auch in Abhängigkeit von der Zeit darzustellen. Wenn wir Koordinatensysteme anwenden, sprechen wir heute von ‚kartesischen‘ Koordinaten. Beispiele sind irgendwelche Vorgänge (Werte aufgetragen auf der senkrechten Achse, der Ordinate und einer Abszisse oder horizontalen Achse) z. B. die Zeit  $t$  von links beginnend mit dem niedrigen Wert, meist '0' ( $t_0$ ), und wachsend nach rechts aufsteigend.

### **Sir Isaac Newton** (1643-1727)

Sir Isaac Newton konnte die Welt neu ordnen: er gab dem Ganzen die Basis der klassischen Naturgesetze, indem er die Bewegungsabläufe erklärte. Seine Welt definierte und erklärte die Gesetze, welche die abstrahierten Gebilde der Welt, die Kugeln, die Kegel, die Quader, etc., beschreiben konnten. Mit dem Gravitationsgesetz konnte nun auch erklärt werden, warum die Erde um die Sonne lief, und welche Kräfte dabei welche Reaktionen hervorrufen.

Planeten und Sonnen konnten nun begrifflich verständlich in Relation gesetzt werden und das Kräftespiel untereinander verstanden werden. In dieser neuen Selbstzufriedenheit haben Heerscharen von Forschern und Wissenschaftlern Wissen geschaffen bis in unsere Tage. Es fehlten zur Zeit Newtons noch die mathematischen Hilfsmittel, um tiefer in die Problematik der Vielkörperphysik einzusteigen. Probleme traten eigentlich keine auf. Um sich eine einfache und beweisbare Welt zu erschaffen, reduzierte man die Komplexität unserer Welt auf das Labor, indem man eben nur mit Kugeln, Kegeln, Quadern, Kreisen und Kegelschnittkurven arbeitete. Alles versuchte man in seine Grundelemente zu zerlegen, um an diesen idealisierten Stilformen das Funktionieren der Welt zeigen zu können. Man vermied unter allen Umständen, ein System in seiner Komplexität verstehen zu lernen - es wurde erst einmal in vermeintliche Basisformen zerlegt, damit man dann von innen heraus – scheinbar - das Gesamtgebäude wieder aufbauen konnte.

## **Henri Poincaré (1854-1912)**

Ende des vorletzten Jahrhunderts wagte sich Henri Poincaré an die analytische Lösung eines komplexen Themas, welches den logisch nächsten Schritt nach der Erfassung der Kräfte zweier Körper darstellte: das 3-Körper Problem - und zu seinem großen Erstaunen musste er feststellen, dass inkrementale Veränderungen an den Anfangszuständen der Berechnung des 3-Körperproblems nicht inkrementale, sondern völlig wahllos erscheinende Veränderungen nach wenigen Termen der Durchrechnung ergaben. Er setzte als erster systematisch die sog. mathematische Iteration ein, einer der wichtigsten Schritte zur Berechnung komplexer Vorgänge in der Physik und Mathematik: man nimmt das Resultat aus der Berechnung einer Formel als Eingangsparameter in die Formel für die nächste Berechnung und immer so weiter. Poincaré war dem Phänomen nicht gewachsen, es standen auch keine schnellen Rechenmaschinen zur Verfügung, damit er hätte weiter experimentieren können und die mühsame Rechenarbeit von Hand führte schnell dazu, dass er das Problem beiseite schob - und da liegt es noch heute.

Es gibt auch heute im Zeitalter von massiven Parallelrechnern und Super-CRAYs noch keine allgemeine Lösung des 3-Körperproblems. Im Gegenteil: jeder Rechner, mit dem man das Problem anpackt, liefert sehr schnell völlig andere Ergebnisse. Moderne Rechner zeigen, dass es keinen Sinn macht, mit mehr Rechenleistung an das Problem heranzugehen: es treten völlig neue Phänomene auf, die man mit unstetig und nicht-linear bezeichnet.

*Ohne es zu wissen, war Poincaré in die Welt der Chaos-Theorie eingedrungen.*

## **Werner Heisenberg (1901-1976)**

Als Werner Heisenberg in den zwanziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts seine Unschärferrelation formulierte, die - vereinfacht gesprochen - besagt, je genauer man den Ort eines Teilchens kennt, desto weniger man seinen Impuls kennt und je besser man seinen Impuls beschreiben kann, desto weniger man den Ort des Teilchens kennt, verbannte man diesen Satz ins Reich der Quantenmechanik (wo er auch herkommt), ohne sich über die Konsequenzen im ‚wirklichen‘ Leben klar zu sein. Man hat es als Anhängsel und bekanntesten Satz der Quantenmechanik immer ‚nur‘ mit sich herumgetragen, und nicht gewagt, dessen Auswirkungen auf die Realität zu sehen. Gerade so, als ob die Quantenmechanik nichts mit der Realität zu tun hätte, wo sie doch die kleinsten Elemente der Wirklichkeit und deren Dynamik zu beschreiben versucht!

## **Benoit Mandelbrot (1924 -)**

Benoit Mandelbrot - ein Forscher unserer Zeit - muss zitiert werden. Die Erklärung von natürlichen Phänomenen kann eben nicht mit der klassischen Mathematik und Physik herbeigeführt werden, weil:

*Wolken sind keine Kugeln, Berge keine Kegel, Baumrinde ist nicht eben und Blitze laufen nicht in geraden Linien.*

Scheinbar einfache Probleme entziehen sich der klassischen Mathematik: z. B. die Berechnung der Länge einer Küste. Je nach verwendetem Maßstab treten bei Küstenlängenberechnungen enorme Unterschiede auf: je kleiner der Maßstab, desto länger wird eine Küste. Gleiches gilt für die Oberfläche eines Berges oder eines Flusslaufs.

*Am besten wird das Problem der klassischen, ganzzahligen Dimensionen an dem Küsten-Messbeispiel klar. Die Länge einer Küste kann man gar nicht messen, da man immer nur einen Maßstab mit einem festen Maß und dessen Vervielfältigung zählt. Mit der Küste als solcher hat dies nichts zu tun - oder wann haben Sie das letzte Mal einen Haufen Meterstäbe an einer Küste liegen sehen? Wann ist die Küste eine solche und ab wann zählen wir welchen Stein noch zu der ‚Küste‘? Die fractale Natur der Dimension ‚Küstenlänge‘ wird dadurch klar. Man kann es auch weniger freundlich ausdrücken: der Begriff ‚Küstenlänge‘ ist ein logischer Unsinn! Dann sind aber viele Begriffe logischer Unsinn. Denken Sie einmal darüber nach. Unsere Welt bekommt ein ganz anderes Gesicht vom rigiden Modell der mathematischen Quadrate und Dreiecke zur ‚wirklichen‘ Welt, der Welt, die „wirkt“, etwas veranlasst (Sprache!).*

Die Lösung liegt in der fractalen Natur der Dimensionen, einem fundamentalen Denkansatz in der Chaos-Theorie. Die ganzzahligen Dimensionen sind lediglich Sonderfälle in einer beobachteten Wirklichkeit, so wie ein Kreis einen Sonderfall bei den Kegelschnitten darstellt. Das Gros der Kegelschnitte sind Hyperbeln und Parabeln.

Durch die Akzeptanz der fractalen Natur der Dimensionen wird der Übergang von einer Dimension in die andere glatt und kontinuierlich. Die Sprünge sind aufgehoben.

Eine Wolke sieht aus der uns gewohnten Entfernung so aus, wie wir sie alle kennen. Nähern wir uns der Wolke, so wird diese allmählich diffus, bis sie sich in winzige kleine Wassertröpfchen auflöst. Wann ist die Wolke eine Wolke, und wann ist es ein Wassertröpfchen, und wie geschieht der Übergang? Nur in unserer Betrachtungsweise.

Wir sehen ein Wollknäuel auf die Entfernung von 20 m wie eine Kugel; näher dran, erkennen wir einzelne Fäden, dann mit der Lupe und mit dem Mikroskop einzelne Teile eines Fadens (wir sehen kein Wollknäuel mehr), usw. Wann haben wir die 3. Dimension des Wollknäuels verlassen?

Ist die Dimension immer eindeutig zuordenbar? Oder gibt es, wie bei der Küstenberechnung, vielleicht gar keine eindeutige Dimension eines Gebildes, Fläche oder Linie - liegt die Dimension irgendwo zwischen 1 und 2? Damit ist die Dimension fractal - vielleicht 1.42 ?



Fractaler Spiegel von Desborough

wahrscheinlich keltisch 1. Jahrhundert nach unserer Zeitrechnung.

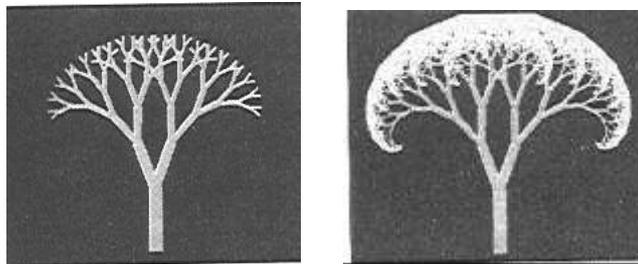
## Begriffe in der Chaos - Theorie

- Fractale
- Chaos
- Selbstorganisation
- Emergenz.

Die beiden ersten Begriffe sind uns teilweise geläufig, Beispiele davon haben wir gesehen. Die beiden letzteren sind weitaus komplexerer Natur und es würde den Rahmen dieses Vortrages sprengen, sie im Detail zu diskutieren.

### Fractale - die Welt des Benoit Mandelbrot

Fractale sind sog. selbstähnliche (selbst-affine) Abbildungen. Einfache Gebilde, deren primäres Merkmal die *Skalierung* in allen Ebenen ist. In vielen Bereichen sind gewisse Gesetzmäßigkeiten nur durch die Konstanz der Skalierung gegeben: Grosstädte in den USA z.B. weisen alle ein Merkmal auf: es besteht ein fester Zusammenhang zwischen der Anzahl der Menschen und der Fläche der Stadt; dies gilt sowohl für schnell wachsende Städte, als auch für langsam wachsende und solche, die geschrumpft sind. Der Skalierungsfaktor ist praktisch konstant.



Baum mittels selbst-affiner, fractaler Abbildung; rechts nach 15 Iterationen (Michael Batty)

Fractale entstehen aus der Iteration von Vorgängen: das Resultat einer Berechnung wird als Eingabe für die nächste Berechnung verwendet. Bilder am Computer über Fractale in Form der Julia-Mengen sind uns hinreichend bekannt und wir freuen uns immer wieder an ihrer Schönheit und Harmonie. Julia-Mengen entstehen durch Iteration und kleine Änderungen in den Anfangsbedingungen. Bestes Beispiel: das Farn. Ein Farn ist die vielfältige selbstähnliche Abbildung einer sehr elementaren Form, immer ein wenig gedreht, größer oder kleiner werdend, je nach Ansatz der Gleichung. Das Farn wirkt sehr harmonisch und stellt doch ein Basiselement der Chaos-Theorie dar.

Chaos tritt ein, wenn durch einfache Iterationen einer (auch sehr einfachen) Gleichung große Komplexität entsteht. Die Voraussagen der Ergebnisse werden unbestimmt. Die einfache mathematische Formel

$$x_{\text{nächstes}} = rx(1-x)$$

ist eine solche. Für jedes  $x$  ist das Resultat die Eingabe für den nächsten Wert von  $x$ . Ursprünglich als Wachstumsfunktion einer Bevölkerung aufgefasst, lässt sie sich heute auf viele Bereiche des menschlichen Lebens anwenden.

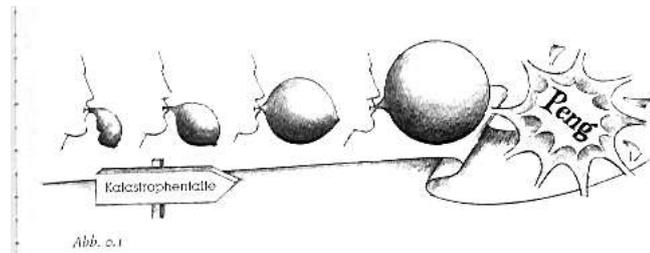
## Einsetzendes Chaos

Chaos setzt ein, wenn in einem offenen System an den Grenzschichten, am Übergang von einem Stadium zu anderen - und durchaus nicht ohne Energiezufuhr - ein gewisses Korrekturverhalten oder Nicht-Linearität in den Vorgängen ohne vorheriges Hinführen auf ein solches Erkennen sichtbar wird:

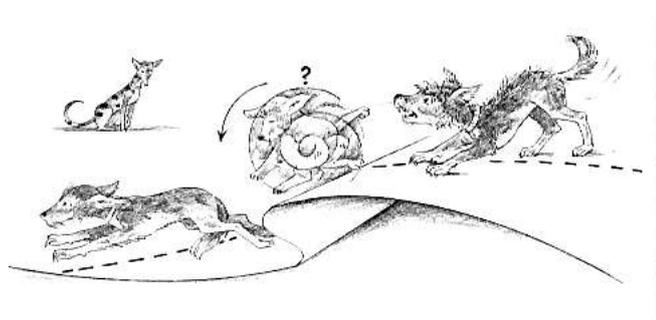
Auch im Übergang von Eiskristallen bei Null Grad kaltem Wasser ist die Kristallbildung der Skalierungsphysik - wenn auch mit unbestimmtem Ausgang - unterworfen. Eine Reproduktion einer Situation der gleichen Bildung von Eiskristallen ist nicht möglich, auch wenn gleiche Grundbedingungen eingestellt werden.

Der französische Mathematiker René Thom zeigt durch das Phänomen der Faltung, wie Vorgänge an einer Übergangsschwelle vom geordneten in den chaotischen Zustand übergehen können. Zwei Beispiele hierzu:

1. Ein Ballon wird aufgeblasen. Sein freier Parameter ist der Luftdruck, mit dem man ihn aufbläst. Er nähert sich einem Katastrophenfall mit dem Grösserwerden und zerplatzt mit einem Knall, d.h. ändert seinen Zustand abrupt. Man kann dieses Phänomen mittels einer Falte darstellen ab dieser das System in einen chaotischen Zustand übergeht.



2. Unser Hund sieht einen Kollegen. Zuerst gehen die beiden aufeinander zu und es ist nicht abzusehen, ob unser Hund den anderen anknurrt und auf ihn zurennt oder dieser das Weite sucht. Kommt unser Hund nun näher an die Falte, d.h. er sieht den anderen Kollegen aus der Nähe und erkennt, dass dieser wesentlich größer (stärker - jedenfalls bedrohlich aussieht), so kann er in einen chaotischen Zustand kommen und blindlings davon rennen.



## Selbstorganisation

Die *Selbstorganisation* ist der Bereich, in dem sich komplexe Einheiten aus einfachen Komponenten - ohne einen groß angelegten Bauplan - selbst erschaffen. Manchmal spricht man auch von „spontaner Organisation“, da Ordnung aus der Unordnung ohne offensichtlichen Grund entsteht. Der Grund für die neue Ordnung ist das Ungleichgewicht.

Selbstorganisation zeigt uns, dass unser Leben, unsere Welt, eine Welt konstanter Veränderung sein *muss*.

*Der Sandhaufen, der sich immer wieder zu einem recht idealen Sandhaufen ausbildet, auch wenn die Zufuhr von Sand von oben durch die Veränderung der Menge kurzzeitig zu Unregelmäßigkeiten und Ausbrüchen nicht vorbestimmbarer Natur führt. Er wird sich immer wieder „bemühen“, einen der Schwerkraft unterworfenen, regelmäßigen Sandhaufen zu bilden. Im Gegensatz zum geschlossenen System wird hier jedoch Energie von außen zugeführt.*

## **Emergenz**

Emergenz als viertes Begriffselement, zusammen mit künstlichem Leben, beschäftigt sich mit der Logik hinter der Selbstorganisation. Die Erforschung des künstlichen Lebens zeigt uns neue Naturgesetze auf, welche als die Gesetze der Intelligenz verstanden werden können. Emergenz-Prozesse sind dergestalt, dass sich das Endergebnis nicht durch den Anfangszustand ableiten lässt (akausale und quasi-deterministische Wechselwirkung).

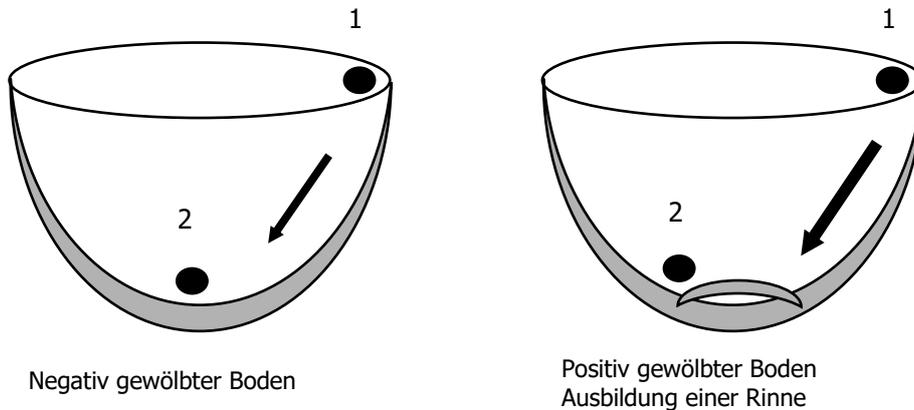
## **Die Attraktoren**

Ein Basiselement aus der Chaos-Theorie ist der Attraktor, oder wenn er nicht gut verstanden wird, der „seltsame“ (Strange) Attraktor. Was ist ein Attraktor ?

Ein gutes Beispiel mit der Salatschüssel und einer Kugel verdeutlicht dieses abstrakte Gebilde:

*In unterschiedliche Salatschüsseln lässt man am Rand immer die gleiche Kugel hinabgleiten (ähnlich wie beim Roulette) und beobachtet ihren Lauf. Der Boden der einen Schüssel ist nach innen (unten) gewölbt. Die Kugel wird auf ihrem Weg irgendwann auslaufen und in der Mitte des Schüsselbodens zur Ruhe kommen: dies ist der Attraktor für die Kugel. Das gleiche Experiment führt man mit einer Schüssel mit einem nach oben gewölbten Boden durch: die Kugel rollt die Seitenwand hinab, sie rollt über den nach innen gewölbten Boden nach außen und wird nach vielen Irrläufen in der Rinne um den gewölbten Innenboden zur Ruhe kommen. Hier ist Chaos am Werk: die Wiederholung der Versuche wird nicht den gleichen Weg der Kugel hervorrufen, obwohl die Kugel mit den gleichen Anfangsbedingungen gestartet wird. Sie hat auf ihrem Weg durch die Rinne und den gewölbten Boden zu viele Freiheitsgrade, als dass sie sich „entscheiden“ könnte, den gleichen Weg nochmals zu nehmen; anders formuliert, die inkrementale Änderung der Zustände verfügt über eine nicht berechenbare Wahrscheinlichkeit in der Reproduktion des zurückgelegten Weges der Kugel (die mathematische Formel ist nicht linear).*

Kugel in verschiedenen Salatschüsseln:



Negativ gewölbter Boden

Positiv gewölbter Boden  
Ausbildung einer Rinne

1 – Ausgangslage  
2 – Endlage im Attraktor

*Nur eines ist sicher: sie wird in dem Attraktor, der Rinne am Schüsselboden, in ihrer Ruhelage landen. Schlimmer noch wird es, wenn der Boden der Schüssel nicht aus einer Wölbung, sondern aus mehreren Wölbungen besteht - die „Bifurkation“ - die Auftrennung in verschiedene Entscheidungsmöglichkeiten der Kugel führt zu gänzlich anderen Rollmustern mit nur einem Unfreiheitsgrad: dem Attraktor, der nun nicht mehr definiert ist: einmal landet die Kugel links, dann rechts, dann an der Seite - es bildet sich langsam der „seltsame“ Attraktor heraus, der in sich selbst nicht mehr genau definiert ist: was würde alles geschehen, wenn das System noch dynamischer würde, d.h. die Schüssel während des Kugellaufs gedreht würde? Die Wahrscheinlichkeit der Vorhersagbarkeit des Ruheortes der Kugel wächst gegen unendlich.*

## Chaos-Theorie in unserer Welt

Viele Phänomene in unserer beobachtbaren Welt können sehr gut - und wahrscheinlich nur - mit der Chaos Theorie erklärt werden. Die Phänomene sind so weitreichend und komplex wie unsere Welt selbst. Einige nur seien erwähnt.

1. Das System der Blutgefäße des menschlichen Körpers kann nur mittels der Chaos-Theorie beschrieben werden. Keine mathematische Gleichung konventioneller Art kann die Verästelungen und das Funktionieren des Blutgefäß-Systems beschreiben.

2. Störungen in Telekommunikationsleitungen wurden erstmals von Herrn Mandelbrot in den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts untersucht und es war klar, dass nur Phänomene aus der Chaos-Theorie zu einer befriedigenden Lösung und einer Erklärung führen konnten.

3. Schwankungen in den Börsenkursen sind mittels Chaos-Theorie modellierbar und ihr Auf und Ab kann so verstanden werden. Die Vorhersage ist chaostheoretisch nicht expressis verbis möglich.

4. Wetter- und Klima-Phänomene können mit der Chaos-Theorie verstanden werden, da diese sich einer deterministischen Lösung entziehen. Wir merken das täglich an den Problemen der Wettervorhersage.

5. Der Autor hat jahrelang an optischen Systemen in der Qualitätssicherung für die Industrie gearbeitet und dabei wurde klar, dass manche Phänomene, wie das Verhalten von CNC gesteuerten Maschinen in der Produktion von Fehlern, nur mittels Chaos-Theorie verstanden werden können: eine Maschine ist genau programmiert, eine große Anzahl verschiedener Löcher präzise an einer ganz bestimmten Stelle einer großen Stahlplatte zu bohren. Immer wieder kommt es vor, dass ein Loch unter den vielen hundert Löchern völlig außerhalb jeglicher Toleranz und abweichend von einem Maß gebohrt wird – Chaos setzt ein (Seitenwände von großen Druckmaschinen für den Offset- und Zeitungsdruck).

## Chaos-Theorie im Weltall

Im Weltall sehen wir viele Chaos-Phänomene. Auf drei soll hier kurz eingegangen werden:

- Planetenbahnen
- großer roter Fleck auf dem Jupiter
- Bildung von Galaxien.

Sie stellen sehr beeindruckende Beispiele dar, die mit den Mechanismen der Chaos-Theorie verstanden werden können.

### Die Planetenbahnen

Die bekannten neun (?) (*acht* nach der letzten Festlegung der IAU – International Astronomical Union) Planeten unseres Sonnensystems laufen seit den genauen Messungen des *Tycho de Brahe* (1546-1601) und den Berechnungen des *Johannes Kepler* („Nova Astronomia“ 1608) auf Ellipsenbahnen, nicht Kreisen, um die Sonne. Alle Bahnen liegen in einer Ebene mit einer Variationsbandbreite von ca. 5 Grad, alle Planeten laufen in der gleichen Richtung um die Sonne, was auf einen gleichzeitigen Ursprung vor ca. 4 Milliarden Jahren hindeutet.

Sie folgen dem Vielkörperproblem, nicht nur dem erwähnten 3-Körperproblem. Kleinste Änderungen der Anfangsbedingungen bei den Bahnberechnungen führen zu völlig neuen Bahnresultaten. Mittels der Chaos-Theorie kann man zeigen, dass die Umläufe der Planeten um die Sonne nicht notwendigerweise immer zu den uns bekannten Resultaten führen müssen: plötzlich schert ein Planet aus und irrt im Raum umher. In den uns bekannten Zeiten haben wir dies zwar noch nicht beobachtet, wir leben aber auch nur ca. 1/4 Pluto-Jahr und die ganze Menschheit hat vielleicht 250'000 Pluto-Umläufe erlebt! Beim angenommenen Weltalter von ca. 10 Milliarden Jahren ist dies ein winziger Bruchteil an Zeit.

Auf dem Computer lassen sich Simulationen mit Hunderttausenden von Umläufen in kürzester Zeit simulieren (die Maschinen sind doch zu etwas Nütze). Plötzlich schert ein Körper aus - die Nicht-Linearität des Vielkörperproblems setzt ein. Ein typisches Chaos-Phänomen. Nach einer Weile „beruhigt“ sich das System wieder. Der irrende Planet wird eingefangen und es kann wieder eine „ruhige“ Zeit der Planetenumläufe beginnen, jedoch ohne vorherige Berechenbarkeit des wie lange und warum.

### Der Große Rote Fleck des Jupiter

Auf dem Planeten Jupiter beobachtet man Wolkenbänder in der Atmosphäre, die in der Äquatorebene besonders deutlich in Erscheinung treten. In diesen Wolkenbänder sieht man einen riesigen Malstrom, einen Wirbel in den oberen Atmosphäreschichten, der bei einem

Durchmesser von ca. 40'000 km bis tief in die unteren Wolkenschichten hineinreicht (zum Vergleich: unsere Erde hat einen *Umfang* von ca. 41'000 km). Gewaltige Gasmassen drehen ihre Wirbel mit extrem starken Kräften analog unseren Wirbelstürmen, nur wesentlich größer und stärker.

Das bekannte Jupiterphänomen ist seit langer Zeit Gegenstand von Untersuchungen. Es ist vor einigen Jahren gelungen, mittels Simulationen auf Rechnern aus Modellierungen der Chaos-Vorgänge den Großen Roten Fleck nachzuahmen, und auch die „Swirls“, die kleinen Wirbel, über und unter den Wolkenbändern zu erzeugen.



### **Die Bildung von Galaxien**

Die Struktur der Galaxien mit der schier unendlichen Formenvielfalt und den Verästelungen der Spiralarme (= Milliarden und Abermilliarden Sterne, wie unsere Sonne) stellt ein weiteres Darstellungsfeld der Chaos-Theorie dar. Es erscheint bei den Freiheitsgraden der Attraktoren sehr wahrscheinlich, dass nicht eine Galaxis der anderen gleichen kann. Im Gegensatz zu den Planetenbahnen und dem roten Fleck handelt es sich hier tatsächlich um eine Makro-Struktur in der Applikation der Chaos-Theorie und um Phänomene mit extremer Langzeitwirkung (viele Milliarden Jahre).



## Ausblick

Harmonie und Chaos liegen enger zusammen, als dies scheinbar durch die Begriffe sprachlicher Art ausgedrückt wird. Der Ansatz der fernöstlichen Sichtweise des stetigen Wandels und des Streitens unter den Gegensätzen wird als Harmonie des Ganzen aufgefasst. In vielen Aspekten der uns umgebenden Welt steckt gerade eine solche Harmonie und Ästhetik. Diese Welt ist aber eine Welt des Wandels und der steten Erneuerung.

Die Auswirkungen der Theorie des Wandels und des Chaos sind uns heute allgegenwärtig im Privat- und Berufsleben. Althergebrachte Ruhe-Systeme werden umgestoßen, neue Konzepte erprobt, Organisationsstrukturen verändert. Ständig sich verändernde Gegebenheiten des jeweiligen Marktes verlangen neue, flexible Systeme und Strukturen, die sich diesem Wandel anpassen können. Dabei wird oft übersehen, dass der Mensch zwar Verursacher dieses Wandels in den meisten Fällen selbst ist, er aber gleichzeitig über ein inhärentes Beharrungsvermögen verfügt, das ihm den Wandel als negativ, beängstigend und unsicheres Umfeld erfahren lässt. Er wehrt sich innerlich, Altgewohntes zu verlassen und in Neuland vorzustoßen – und erschwert sich somit selbst das Leben in dem Wandel, dem er nicht entkommen kann, weil es die Natur in und um ihn herum selbst ist.

Wir sehen ständig Gefahren in den Aktionen des Menschen, die Natur betreffend und bilden uns ein, eine Schutzfunktion für die Natur übernehmen zu müssen und es auch zu *können* – und vergessen in unserer Überheblichkeit und Kleingeisterei dabei, dass die Natur der alleinige Meister des konstanten Wandels und der Zerstörung und Neuerschaffung selbst ist – ohne Zutun des Menschen. Wir können noch so viele Sprayflaschen abschaffen, um die Ozonschicht und die Atmosphäre zu ‚retten‘ – wenn unser gigantisches Zentralgestirn, die Sonne, auch nur einmal hustet, laufen auf der Erde nur noch geröstete Peanuts herum und wenn die Sonne auch nur um ein halbes Grad ihre Temperatur an der Oberfläche erhöht, kommt es bei uns zu Klimaveränderungen des Ausmaßes der Erschaffung der Sahara aus einer vormals blühenden Vegetation, begleitet von riesigen Stürmen und Unwettern über einen sehr langen Zeitraum. Dann sind Hurrikans wie Wilma, etc. unserer Tage nur säuselnde Lüftchen.

Die Beschäftigung mit den Phänomenen und Auswirkungen der Chaos-Theorie, der Theorie des Wandels und der Nicht-Linearität, soll helfen, solche Zukunftsängste abzubauen und das Neue und den Wandel als normales Element unseres Lebens aufzunehmen und positiv zu sehen. Diese Theorie versucht, analog der fern-östlichen Anschauungsweise, den Menschen im ihn umgebenden Kosmos als ganzheitliches Wesen zu beschreiben und zu sehen.

## Literatur und Software

### **Software:**

James Gleick / Autodesk für PC: „CHAOS - The Software“  
Michael F. Barnsley: „The Desktop Fractal Design System“

### **Bücher:**

James Gleick : „Chaos - Making a New Science“, Penguin  
Manfred Schroeder: „Fractals, Chaos and Power Laws“, W.H. Freeman and Company  
Benoit Mandelbrot: „The Fractal Geometry of Nature“, W.H. Freeman and Company  
John Briggs, F. David Peat: „Die Entdeckung des Chaos“, dtv Sachbuch  
Aristoteles: „Vom Himmel, von der Seele, von der Dichtkunst“, Artemis Verlag

### **Books on Tape:**

Knowledge Products: „Complexity and Chaos“, Narrated by Edwin Newman.

### **Internet:**

Wikipedia.org und weitere Links.

# Inhaltsverzeichnis

Einleitung .....	2
Harmonie.....	3
Griechische Mythologie - Harmonia .....	3
Begriff und Geschichte.....	3
Begriffsgeschichte .....	4
Methodologie und theoretische Funktion .....	5
Historische Ansichten .....	5
Harmonie in der Musik .....	6
Kepler und das Streben nach Harmonie .....	7
Leibniz, der Universalgelehrte.....	9
Prästabilisierte Harmonie .....	9
Symmetrie in der Physik .....	9
Chaos.....	10
Wörterbucheintrag .....	10
Chaos – ein chinesischer Gott der Mythologie .....	10
Ur-Chaos .....	10
Chaos bei den Griechen .....	11
Chaos in der griechischen Mythologie .....	11
Chaos-Theorie – die Wissenschaft der Ganzheitlichkeit der Phänomene .....	12
Zum Geleit – von der Ordnung zum Chaos .....	13
René Descartes (1596-1650) .....	13
Sir Isaac Newton (1643-1727) .....	13
Henri Poincaré (1854-1912) .....	14
Werner Heisenberg (1901-1976) .....	14
Benoit Mandelbrot (1924 -) .....	14
Begriffe in der Chaos - Theorie .....	16
Fractale - die Welt des Benoit Mandelbrot .....	16
Einsetzendes Chaos .....	17
Selbstorganisation.....	17
Emergenz.....	18
Die Attraktoren.....	18
Chaos-Theorie in unserer Welt.....	19
Chaos-Theorie im Weltall.....	20
Die Planetenbahnen.....	20
Der Große Rote Fleck des Jupiter .....	20
Die Bildung von Galaxien .....	21
Ausblick.....	22
Literatur und Software .....	23
Inhaltsverzeichnis.....	24