Kreatives Chaos Chaos als Tryprung der Bachelorarbeit von Lena Brocker



Kreatives Chaos Chaos als Tryprung der Bachelorarbeit von Lena Brocker

Fachhochschule Schwäbisch Hall Hochschule für Gestaltung Staatlich anerkannte Fachhochschule

Fachbereich Kulturgestaltung

Betreuende Dozenten: 1. Prof. Andreas Mayer - Brennenstuhl

2. Prof. Frank - Joachim Grossmann

3. Prof. Joachim Sommer

Bearbeitungszeitraum: 1. November 2010 - 1. Februar 2011

Inhaltsverzeichnis

Einleitung:	6		
1.0 Universalität der Chaos - Theorie	8	3.0 Die Schaffung von Kultur nach Csikszentmihaly im Kontext der Chaos - Theorie	i 40
1.1 Begrifflichkeit und Ursprung der Chaos - Theorie	8	3.1 Evolutionärer Bestimmungsfaktor Kreativität	4
1.2 Fraktales Formenschaffen in der Welt	14	3.1.1 Zusammenhang der biologischen und kulturellen Evolution	48
1.2.1 Apfelmännchen und Mandelbrotmenge	14	3.1.2 Kreativitäts und Kulturbegriff nach Csikszentmihalyi	50
1.2.2 Selbstähnlichkeit und natürliche Fraktale	15	3.2 Dimensionen der Existenzsicherung	53
1.3 Mathematisch begründete Ökonomie:		3.2.1 Entwicklung des Menschen und der Wert der Kultur	53
Theorie Edelmann / Thompson	17	3.2.2 Einfluss der persönlichen Entscheidungskraft	5
		3.3 Kriterien des kulturellen Zukunftsmodells	59
0.000	90	3.3.1 Steigerung der Kreativität	5
2.0 Chaotische Systeme in Organismen	20	3.3.2 Die Organisation des Wissens	6!
2.1 Anfangs- und Randbedingungen als Identitätsbildner	22		
2.2 Individualität durch Unberechenbarkeit	25	4.0 Wert der chaotischen Kreativität	
2.2.1 Willkür und Zielgerichtetheit in der Evolution	25		
2.2.2 Tendez zur Komplexität	28		
2.3 Kreativität als Überlebensstrategie	33		
2.3.1 Maximale Vielfalt im scheinbar Unwesentlichen	34	Literaturverzeichnis	
2.3.2 Selektive Stabilisierung im Wesentlichen	38	Abbildungsverzeichnis	7
2.3.3 Selhstorganicationsprozesse	<i>/</i> 11	Eidesstattliche Erklärung	

Einleitung:

Die Chaostheorie zog in der zweiten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts mit den neu gewonnenen Erkenntnissen die gesamte Wissenschaft in ihren Bann. Obwohl die untersuchten Inhalte zunächst noch unabhängig voneinander entstanden und somit extrem breit gestreut waren, konnten im Lauf der Untersuchungen immer mehr Gemeinsamkeiten und generelle Ordnungen der verschiedenen Forschungsgebiete entdeckt werden. Annahmen, auf denen ehemals ganze Wissenschaftsgebiete beruhten, wurden auf den Kopf gestellt, während die neue Ansätze die permanente Präsenz von chaotischen Strukturen in unserer Welt belegten. Die fesselnden Inhalte wie grundlegende Ordnungsmuster der Materie und zugleich die regelnde Einflüsse von Chaos, guer durch sämtliche uns bekannten Bereiche, machten die neu entstandene Wissenschaft zu einem besonderst realitätsnahem und interessantem Forschungsgebiet. Die Anwendbarkeit der neuen Chaos - Forschung auf die Natur, auf ökonomische Prozesse und viele andere Bereiche rückt heute die spannende Vielfalt unserer Welt wieder in den Mittelpunkt der Forschung.

Die Möglichkeit bekannte, aber unzureichend erklärte Phänomene unter dem Aspekt der Chaostheorie untersuchen zu können, ist ein reizvoller Ansatz. Die bisherigen Untersuchungen in dieser Richtung haben schon eine Vielzahl von interessanten Ergebnissen und Erkenntnissen gebracht. Mein Interesse ist nun, die wissenschaftliche Theorie der dynamischen und chaotischen Systeme mit dem subjektiv - wissenschaftlichem Bereich der Kreativität zu verbinden.

Es sei darauf hingewiesen, dass ich mir bestimmte Grenzen setzen musste, insbesondere bei der Einführung in die Welt der chaotischen Systeme. Die Chaos - Forschung definiert sich auch dadurch, dass ihre Gesetzmäßigkeiten in sämtlichen Wissenschaften zu finden sind, was zur Folge hat, dass das Forschungsgebiet der chaotischen Strukturen extrem groß ist. Ich werde versuchen, eine grundlegende Einführung in bestimmte Merkmale der Wissenschaft zu geben und insbesondere die Aspekte ansprechen, die für die spätere Verbindung mit dem Kulturbegriff von Mihaly Csikszentmihalyi relevant sind. Durch diese spezifische Verbindung werde ich das Kreativitäts - und Kulturphänomen nach Mihaly Csikszentmihalyi unter dem Bestimmungsfaktor Chaos und dessen

Eigenschaften und Ausprägungen thematisieren. Der 1934 geborene Psychologieprofessor Mihaly Csíkszentmihályi beschäftigte sich intensiv mit der Erforschung der Kreativität.

Er verstand unter diesem Begriff die nachhaltige Veränderung eines bestimmten kulturellen Bereichs. Ich möchte in meiner wissenschaftlichen Aufarbeitung nach Parallelen suchen, die die Entstehung von Kultur betreffen und grundsätzlichen Ausprägungsformen der Chaostheorie darstellen. Inwieweit hierbei die Kultur beeinflussbar ist, ist eine Frage, die ich im Rahmen dieser These ein Stück weit erläutern werde. Aber auch der Einstieg in die Welt der chaotischen Systeme, die jedem von uns tagtäglich begegnet und in ihren Strukturen universale Weltzusammenhänge aufzeigt, ist ein grundlegender Faktor meiner Arbeit.

Hierfür ist ein Verständnis der Chaostheorie mit ihren Eigenschaften und Grundzügen wichtig. Diese Hilfestellung möchte ich im einführendem ersten Teil meiner Arbeit bieten. Aufbauend auf diesen Kenntnissen zeige ich auf, dass Erscheinungsformen der Nichtlinearen Systeme auch in Organismen eine Rolle spielen. Die individuelle Ausprägung von Leben wird stark von Umwelt und

Chaos beeinflusst, ebenso wie die Kreativität bei der Entwicklung des Menschen eine entscheidende Rolle spielt. Dass die Schaffung von Kultur nach Csikszentmihalyi eine Vielzahl von Parallelen zu Merkmalen der Chaostheorie aufweist, zeigt das dritte Kapitel meiner Bachelorarbeit. Zunächst wird das Thema der Kreativität behandelt, einerseits als Grundlage für deren Kulturursprung, andererseits als biologischer Faktor der menschlichen Entwicklung. Die große Rolle der Kultur als beeinflussbares Gut wird vor dem Entwurf eines kulturellen Zukunftsmodelles beschrieben. Hierbei werden dem idealisiertem Ausblick von Csikszentmihalyi parallele Ausprägungen in Naturphänomenen unter Einbeziehung von Chaostheorien gegenübergestellt. Nach diesen ersten drei Kapiteln meiner Bachelorarbeit möchte ich mich abschließend über den Wert der chaotischen, unberechenbaren Kreativität äußern.

Im praktischen Teil der Bachelorarbeit setze ich mich mit der Tiergattung der Orangen Zwergkrebse, in einem kreativem Prozess auseinander. Hierbei werden auch chaotische Einflüsse eine wichtige Rolle spielen. Aufgrund der künstlerischen Auseinandersetzung, finden sich auch in dieser Abhandlung Bildbeispiele der Krebse.

- 1.0 Universalität der Chaos Theorie
- 1.1 Begrifflichkeit und Ursprung der Chaos Theorie

"Nichts kann existieren ohne Ordnung - Nichts kann entstehen ohne Chaos." Albert Einstein¹

Vor einigen Jahren wurde, von den Naturwissenschaften ausgehend, ein Flut von Forschungserkenntnissen bekannt, die das bekannte Weltbild bis in seine Grundzüge revolutionierte.

Obgleich sich Wissenschaft permanent in der Veränderung befindet und beständig Entwicklungen gemeldet werden, wurden jetzt Zusammenhänge entdeckt, die viel mehr waren als nur reiner Fortschritt. Dieser Erkenntnisschub ergab ein weiteres wichtiges Teil im Puzzle des komplexen Weltverständnisses.

Die sogenannte "Chaostheorie" beschreibt Vorgänge, die in sämtlichen Forschungsbereichen untersucht werden. Von der Physik über Mathematik, Sozialwissenschaft, Ökologie bis hin zur Kreativitätsforschung erstreckt sich die damals neu entdeckte Wissenschaft. Die Chaostheorie, die auch unter Namen wie "Nichtlinearität", "Nichtlineare Dynamik", "Strukturwissenschaft", "Chaos - Forschung", und "Theorie komplexer Systeme" bekannt ist, basiert im Grunde auf Erkenntnissen der Physik².

Bei den wichtigen Vorläufern in der Physik möchte ich zunächst Isaac Newton³ mit seiner Himmelsmechanik nennen. Der Begründer des Gravitationsgesetzes, behandelte in dieser die Rolle der Schwerkraft zwischen zwei Körpern, zum Beispiel Sonne und Erde. Anhand seiner Ausführungen belegte er, dass es für die Zustandsentwicklung dieses idealisierten Systems exakte Lösungen gibt. Für das Beispiel Sonne / Erde hieße das, dass sobald bestimmte Ausgangsbedingungen beider Körper bekannt sind, ihre Bewegungen für Vergangenheit und Zukunft vollständig

Albert Einstein, 1879 - 1955, deutscher Physiker, entwickelte auch die speziellen Relativitätstheorie

² vgl. Dr. Bernd-Olaf Küppers 1990, S.28

³ Isaac Newton 1643 - 1727, englischer Naturwissenschaftler

berechenbar sind¹ Die Newtonsche Mechanik hatte über zwei Jahrhunderte Bestand, und bildete entsprechend mit die Grundlage eines statischen, berechenbaren Weltbildes. Determinismus war das Schlagwort für ein Zeitalter, in dem jedes Teil der Welt prinzipiell kontrollierbar war. Der Franzose Pierre Simon de Laplace² formulierte 1814 die Haltung seines Epoche folgendermaßen:

"Wir müssen also den gegenwärtigen Zustand des Universums als Folge eines früheren Zustandes ansehen und als Ursache des Zustandes, der danach kommt. Eine Intelligenz, die in einem gegebenen Augenblick alle Kräfte kennt, mit denen die Welt begabt ist, und die gegenwärtige Lage der Gebilde, die sie zusammensetzen, und die überdies umfassend genug wäre, diese Kenntnisse der Analyse zu unterwerfen, würde in der gleichen Formel die Bewegungen der größten Himmelskörper und die des leichtesten Atoms einbegreifen. Nichts wäre

Anzumerken ist hier, dass Laplace Atheist war und mit Intelligenz weder eine Gottheit noch höhere Macht meinte, diese war in seiner Weltanschauung, die auch keinen freien Willen des Menschen kannte, nicht nötig.⁴

Ebenfalls als wissenschaftlich erwiesen galt das Kausalitätsprinzip⁵, das davon ausgeht, dass gleiche Ursachen in einer zeitlichen Abfolge auch gleiche Wirkungen erzielen. Dadurch, dass aber es aber im Laufe der Zeit niemals möglich ist, die exakt gleichen Ausgangssituationen wieder herzustellen, nennt man das Prinzip heute "starkes Kausalitätsprinzip". Man geht in diesem davon aus, dass ähnliche Bedingungen bei Vorgängen auch ähnliche Resultate in den Ergebnissen hervorbringen. Die Kausalität steht in enger Verbindung mit dem Determinismus, und folgt demnach

für sie ungewiss, Zukunft und Vergangenheit lägen klar vor ihren Augen." (Laplacescher Dämon)³

¹ vgl. Jürgen Giesen 1995,S.11

^{2 —} Pierre Simon de Laplace, 1749 - 1827, französischer Mathematiker, Philosoph

³ Pierre Simon Laplace 1814, Vorwort Essai philosophique sur les probabilités

⁴ vgl.Stefan Greschik 1998, S.13

lat. causa "Ursache"

bestimmten Regeln¹. Als einer der Ersten, die das deterministische Weltbild seiner Zeit anzweifelten, galt Henri Poincaré, ein französischer Mathematiker². Er konnte sich Ende des neunzehnten Jahrhunderts mit einem entscheidenden Beitrag, in einem Wettbewerb des schwedischen Königshauses durchsetzen. Dieser drehte sich um die Frage, ob das Sonnensystem stabil sei. In seinem Beitrag zeige Poincaré, dass schon Systeme mit nur drei Körpern instabil sein können.

Er hatte zwar die Fragestellung nicht beantwortet, kann aber durch seine Entdeckung als Urvater des "deterministischen Chaos" gesehen werden. Dieses beschreibt Systeme, deren Verhaltensweisen sich nicht vorhersagen lassen können, da kleine Unterschiede in den Anfangsbedingungen³ schließlich große Unterschiede in den

Prozessen hervorrufen können.⁴ Poincaré formulierte seine Einsicht 1903 in seinem Buch "Wissenschaft und Methode" in eindrücklichen Worten:

"Eine sehr kleine Ursache, die für uns unbemerkt bleibt, bewirkt einen beträchtlichen Effekt, den wir unbedingt bemerken müssen, und dann sagen wir, daß dieser Effekt vom Zufall abhänge. Würden wir die Gesetze der Natur und den Zustand des Universums für einen gewissen Zeitpunkt genau kennen, so könnten wir den Zustand dieses Universums für irgendeinen späteren Zeitpunkt genau voraussagen. [...] Aber so ist es nicht immer; es kann der Fall eintreten, daß kleine Unterschiede in den Anfangsbedingungen große Unterschiede in den späteren Erscheinungen bedingen; ein kleiner Irrtum in den ersteren kann einen außerordentlich großen Irrtum in den letzteren nach sich ziehen. Die Vorhersage wird unmöglich und wir haben eine «zufällige Erscheinung».5

¹ vgl. Valsangiacomo Antonio 1998, S.147ff.

² Henri Poincaré, 1854-1912, Mathematiker, Physiker, Philosoph

³ Anfangs- und Randbedingungen werden im Kapitel 2.1aufgegriffen

⁴ vgl..Stefan Greschik 1998, S.13,14

⁵ www.ieap.uni-kiel.de/plasma/ag-piel/vorl/kap53/kap53.html

Obwohl Poincaré's Erkenntnisse nach dem Wettbewerbsgewinn zunächst wieder in Vergessenheit geriet, war das Ende des Determinismus bereits absehbar. Es erschienen weitere Forschungsergebnisse, die nicht mehr mit der alten Weltbetrachtungsweise in Einklang zu bringen waren.

Hier ist die Quantentheorie zu nennen, die aus der Physik heraus entwickelt wurde. Sie wies schon in den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts nach, dass bei Bewegungen von winzigsten Teilchen eine Messung von Anfangslage und Anfangsgeschwindigkeit nicht korrekt durchführbar ist. Folglich kann die zeitliche Veränderung eines Systems nur im Sinne von Wahrscheinlichkeit vorausgesagt werden kann¹. Ebenfalls großen Einfluss auf die Chaosforschung nahm die spezielle Relativitätstheorie von Albert Einstein. Der Wissenschaftler hinterfragte durch die Relativitätstheorie die absoluten Größe von Bewegung, Raum und Masse. Die deterministische, von Newton geprägte Auffassung wurde nun

abgelöst und durch eine subjektive und relative Sichtweise aus der Situation eines jeden Betrachters ersetzt. Somit ist keine allgemeingültige Aussage über jene drei Faktoren möglich, sondern muss individuell beantwortet werden².

Der letzte Anstoß, der endgültig zur heutigen Chaostheorie führte, stammte von Edward Lorenz, einem amerikanischem Meteorologen, der 1963 die Erkenntnisse von Henri Poincaré wiederentdeckte. Lorenz bemerkte Unstimmigkeiten bei den Ergebnissen von Wetterberechnungen, die er mit Zwischenergebnissen vom Vortag geführt hatte. Sein Computer lieferte bei diesem zweiten Versuch Enddaten, die nicht mit den zuvor Gelieferten übereinstimmten. Nachdem er das Problem untersucht hatte entdeckte er, dass gerundete Zwischenergebnisse, im Fall Lorenz ein Hundertstel Prozent Abweichung, zu ganz anderen Resultaten führen. Das Phänomen ist heute nach dem Meteorologen benannt: der sogenannte "Schmetterlingseffekt" beschreibt metaphorisch,

¹ vgl. Prof. Dr. Hermann Haken 1990, S.175

vgl. Dr. Stefan Frerichs 2000, S. 4, 5

wie schon winzige Einflüsse wie der Flügelschlag eines Schmetterlings das Wetter radikal verändern können.¹

"Predictability: Does the flap of a butterfly's wings in Brazil set off a tornado in Texas?"²

Die Chaostheorie hat seit Lorenz immer neue Bereiche ergriffen. Die gefundenen Verbindungen der Forschung in alle Richtungen wurden intensiv analysiert und diskutiert. "Das Chaos" musste als Solches in der Wissenschaft anerkannt werden. Revolutionäre Erkenntnisse wie "Ordnung kann jederzeit in Chaos umschlagen" sowie die Tatsache, dass "Chaos als Ursprung von Ordnung" permanent in der Natur und ihrem Kreislauf angelegt ist, wurde große Beachtung geschenkt. Die Erkenntniss, dass bestimmte Systeme allen klassischen Gesetzen der Physik widersprachen, war nicht mehr von der Hand zu weisen. Alltagsbeobachtungen warfen bequem gewordene Regeln, wie das starke Kausalitätsdenken und

den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, um. Dieser besagt, dass die Unordnung im Universum ständig zunehmen müsste. Doch viele Systeme ordnen sich selbst, von Wassermolekülen, die sich zu Milliarden in Strömungen zusammenfinden, bis zu uns selbst, den Menschen.³ Als hochgradig geordnete Organismen, die sich im Laufe der Evolution in der Komplexität deutlich gesteigert haben, sind wir wohl das beste Beispiel für chaotische Prozesse⁴.

Auch die Begrifflichkeit des Wortes "Chaos" hat sich von seinem Ursprung bis heute stark gewandelt. Das aus dem griechischen stammende Wort bedeutete ehemals "unendlich leerer Raum", "gähnender Schlund" oder "gestaltlose Urmasse". Als Gegenbegriff zu Kosmos, der Ordnung, wurde es schon von Philosophen der Antike genutzt. In der Wissenschaft wurde das Thema jedoch lange Zeit gemieden, hier waren Ordnungen gesucht, nicht chaotische Zustände.

¹ vgl. Stefan Greschik 1998, S.9ff.

² vgl. Kerry Emanuel 2008, S. 431, (Vortrags von Lorenz 1972)

 $^{3\,}$ Selbstorganisations prozesse werden nochmals im Kapitel $2.3.3\,$ aufgegriffen

⁴ vgl. Stefan Greschik 1998, S. 54ff.

Erst durch die neuen Erkenntnisse in der Renaissance wurde das Chaos in die Wissenschaften eingeführt. Heutzutage sind negative Auslegungen des Wortes im Alltagsgebrauch mehrheitlich vertreten, "Durcheinander", "Unordnung" und "verwirrende Zustände" sind nur einige Synonyme für den Begriff. 1

Eine treffendere Bezeichnung für die seit etwa 1975 als eigenständige Disziplin etablierte Chaostheorie wäre laut Jürgen Giesen aber "Theorie nichtlinearer dynamischer Systeme". Bei einem Vortrag in Schwerte 1995 fasste er diese Formulierung so zusammen:

"Die sogenannte "Chaostheorie" ist im Kern eine mathematische Theorie. Sie beschäftigt sich mit dynamischen Systemen, das sind Systeme, deren Zustand sich mit der Zeit ändert und in denen nichtlineare Zusammenhänge auftreten."²

Stefan Frerichs äußerte seine Zusammenfassung folgendermaßen:

Aus naturwissenschaftlicher Sicht gehört die Chaostheorie zum Forschungsbereich der nichtlinearen Dynamik. Obwohl im Chaos keine Linearität gemäß Ursache und Wirkung besteht (Kausalbeziehung) und sich chaotische Systeme unvorhersagbar und unberechenbar verhalten, folgen sie selbstverständlich den Naturgesetzen und sind daher auch nicht zufällig. Deshalb spricht man in der Chaosforschung auch von einem gesetzmäßigen (deterministischen) Chaos.³

¹ vgl. David Marjanovic 2007, S. 12

² Jürgen Giesen 1995, Titel: Chaosforschung - Fraktale, Chaos, Ordnung

³ Stefan Frerich 2000, S. 7ff.

1.2 Fraktales Formenschaffen in der Welt

Wir wissen nun, dass die Chaostheorie viel mehr bietet, als durch den Namen zunächst ersichtlich ist. Einige Fachbegriffe sind schon gefallen, mit einem weiteren wichtigen Begriff beschäftigt sich das folgende Kapitel, in dem die Welt des "Fraktals" betrachtet wird.

1.2.1 Apfelmännchen und Mandelbrotmenge

Die Ordnungen, die immer wieder im Rahmen von dynamischen Prozessen auftreten, bilden erstaunliche Muster. Die Gruppe der Fraktale gehört zu diesen interessanten Strukturen, die zwar geometrisch sind, aber doch dem Chaos zugeschrieben werden, sozusagen die "Geometrie des Chaos".

Benoît Mandelbrot gilt als der Entdecker des berühmtesten der Fraktale, des sogenannten "Apfelmännchens". Im Jahre 1980 konnte der in der Mathematik als Außenseiter geltende Wissenschaftler eine erste Computersimulation des Apfelmännchens herstellen.

Die Mandelbrot - Menge steht in enger Verbindung mit dem Apfelmännchen, und entsteht durch die Gleichung $Z = Z^2 + C$ (Z steht für eine feste komplexe Zahl, C steht für eine veränderliche komplexe Zahl, die einen Punkt darstellt).

Die Idee hinter dieser Formel ist folgende: Was entsteht, wenn eine Rechen - Vorschrift immer wieder mit ihrem eigenem Ergebnis gefüttert wird?¹ Diese Überlegung brachte zwei Forscher schon zur Zeit des ersten Weltkrieges dicht an die Idee der Fraktale. Zwar konnte zu dieser Zeit das Ergebnis nicht bildlich dargestellt werden, was die Forscher jedoch entdeckten, war die "Julia - Menge", eine Verdichtung von mathematischen Zahlenpunkten. Erst mit Benoit Mandelbrot, ein halbes Jahrhundert später, und seiner graphischen Visualisierung der nach ihm benannten Mandelbrotmenge wurde die Entdeckung ernst genommen.

¹ lat. "Wiederholung", Mathematik: die wiederholte Anwendung desselben Rechenverfahrens auf dabei gewonnene Zwischenwerte, um sich von einer Näherungslösung der exakten Lösung einer Gleichung anzunähern; Brock Haus, Naturwissenschaft und Technik Band 2, 2003, S. 1009.

Mandelbrot erstellte das Bild mithilfe eines erdachten Startwertes und der bekannten Gleichung. Bei unendlicher Wiederholung der Rechnung und einer Färbung der erzielten Werte (Mandelbrotmenge), ergibt sich ein Muster, das an mehrere aufeinandergesetzte Äpfel verschiedener Größe erinnert: das Apfelmännchen. Eine Form, die gleichermaßen faszinierend anzusehen ist, aber in kritischen Augen auch nicht viel über Mathematik oder Natur aussagen kann.

Besonderst faszinierend an der Darstellungsform des Apfelmännchens ist die Komplexität und Unendlichkeit seines Randes. Bei Vergrößerung von diesem ergeben sich Formen, die an Seepferdchen und Wirbel in unterschiedlichen Dichtheitsgraden erinnern. Die Formen findet man auch wieder, wenn man das Gebilde noch stärker vergrößert. Immer wieder erkennt man neue, den größeren Strukturen ähnelnde Formen, auch das Apfelmännchen selbst taucht wieder auf, daher ist es beliebig wie oft man die Vergrößerungsprozedur ausführt. Die schon zuvor entdeckten Julia - Mengen stellen die Grenzen der Mandelbrotmenge dar. Nachdem der Mathematiker diese Überlegungen Mitte der

Siebziger Jahre entwickelt hatte, erschuf Benoit Mandelbrot den Begriff "Fraktal". Er leitete es vom lateinischen "frangere" (= brechen) ab, und beschrieb damit Strukturen, die selbstähnlich sind. Die Mandelbrotmenge als eine dieser Strukturen gilt als fraktal und zugleich zusammenhängend, da jeder Punkt einer sichtbaren Menge zugehörig ist. Fraktale Strukturen kann man in einer Vielzahl von Systemen in der Natur und der Technik erkennen.¹

1.2.2 Selbstähnlichkeit und natürliche Fraktale

Als eine Eigenschaft der Fraktale kann man ihre Selbstähnlichkeit nennen, die in der Natur sehr häufig vorkommen. Wenn Fraktale auf einem beliebigem Größenmaßstab immer wieder ähnliche Strukturen aufweisen, spricht man von einer exakten oder starken Selbstähnlichkeit. Diese findet man zum Beispiel bei Pflanzenblättern, Blutkreisläufen oder bei Meeresküsten.

l vgl. Jürgen Giesen 1995, S.4,5

Mandelbrot erkannte dies, als er versuchte, die Länge der Küste Englands zu ermitteln. Die Problematik an dieser Aufgabe ist. dass je genauer die hinzugezogene Landkarte ist, desto länger erscheint auch die Küste. Das setzt sich fort, je stärker man die Küste vergrößert, es erscheinen Berge, Kanten, Sandkörner und noch kleinere Elemente. Mandelbrot folgerte, dass die Länge aller Küsten unendlich sei. 1 Auch das Beispiel Berg - Fels - Stein oder Baum - Ast - Zweig lässt leicht nachvollziehen, wie groß die Rolle der fraktalen Selbstähnlichkeit in der Natur ist. Mathematisch belegt wird dieses Phänomen dadurch, dass die fraktale Dimension auf jedem Maßstab gesehen den gleichen Wert hat. Sie weisen hier außerdem den gleichen Grad an Unregelmäßigkeit auf. Man spricht von einer Skaleninvarianz, wenn ein natürlicher Maßstab fehlt, an dem die Größe messbar ist. Exakte Selbstähnlichkeit dagegen ist nur bei mathematisch errechneten fraktalen Konstrukten möglich. Sie tritt auf, wenn trotz unendlicher Vergrößerung keine kleinste fraktale Struktur erkennbar ist. Der Blumenkohles, ist eines der Paradebeispiele für natürliche fraktale Selbstähnlichkeit, die über drei bis vier Stufen nachvollziehbar ist. Die einzelnen Röschen sind eine Kopie des gesamten Kohles, wobei sie sich gleichzeitig in noch kleinere Kopien zerlegen lassen.

Der eigentümliche Widerspruch von Ordnung und Chaos findet sich auch in diesen Naturphänomenen - unberechenbar, aber doch strukturiert. Und genau diese Strukturiertheit machen sich Wissenschaftler heutzutage zum Vorteil. Durch die Erkennung des Aufbausystems der selbstähnlichen Naturprozesse kann man diese nachvollziehen und am Computer exakte Modelle errechnen lassen. Oftmals gibt es große Erkenntnissgewinne, z.B. für technische Bauten. Durch die Imitation mithilfe eines einfachen Zahlenmusters oder einer Rechnung kann man durch kleinste Verschiebungen Modelle auch optimieren. Dieses Prinzip, das sich die Natur auch während der Evolution zu Nutze gemacht hat, ist in der Forschung eine gängige Methode.

¹ vgl. Stefan Greschik 1998, S.52

Die entstandene Wissenschaft, die Natur beobachtet und teilweise auch Fraktales imitiert, um Neues für die Menschheit entwickeln zu können, nennt sich Bionik. Dabei zeigt sich, dass die Erkenntnisse aus der Natur oftmals den rein technischen Errungenschaften des Menschen überlegen sind. In der Biologie ist hierbei die optimale Form mit der Funktion verbunden, und zeigt ein Resultat, dass im Nutzwert überzeugen kann. Diese ausgewogene Form - und Funktionskonstruktion ist in der Natur in großer Anzahl erkennbar, und wird in der Wissenschaft der Bionik für den Menschen nutzbar gemacht.¹

1.3 Mathematisch begründete Ökonomie: Theorie Edelmann / Thompson

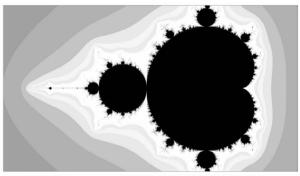
Organismen, in denen fraktale Systeme gefunden wurden, haben oft eine perfekte Symbiose zwischen Form und Funktion. Das zu

Grunde liegende Bauprinzip in der Natur ist abgestimmt auf die örtlichen Bestimmungen und kann somit höchst effektiv Ressourcen nutzen. Im Jahre 1988 erschien eine Arbeit, die sich mit diesem Phänomen beschäftigte, geschrieben von dem amerikanischem Wissenschaftler Gerald Edelmann². Der Nobelpreisträger veröffentlichte eine Theorie der "Topobiologie".

In dem stark beachtetem Entwurf konnte er die natürliche Entstehung von Leben in verschiedene Ebenen klassifizieren. Die embryonale Entwicklung baut hier einerseits auf der genetischen Information in Form der DNA auf. Diese Moleküle tragen in Form einer in sich verdrillten Strickleiter, einer "Doppel - Helix", die Erbinformation des organischen Systemes in sich. Den anderen Grundstein für die Lebensentstehung bilden sogenannte "Morpho - Regulatoren", bestimmte Eiweißsubstanzen. Edelmann teilte die Unmengen an "Morpho - Regulatoren" in drei Gruppen ein. Mit Hilfe dieser und der Kombination mit der DNA, war es möglich,

¹ vgl. David Marjanovic, 2007, S. 16

² Gerald Edelmann, 1929 geborener amerikanischer Mediziner und Nobelpreisträger



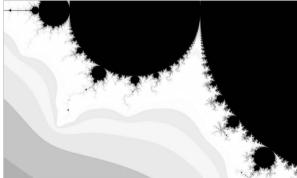


Abb.2: Apfelmännchen und Mandelbrotmenge: Auch bei einer Vergrößerung sind immer wieder selbstähnliche Formen erkennbar.

biologische Entwicklungen nachzuvollziehen. Man konnte erkennen, wie nacheinander so die Körperbausteine der Organismen wie Organe und Versorgungssysteme entstanden. Die Kombination von nur drei Gruppen von Eiweißsubstanzen mit der genetischen Information, machte die Entstehung von Leben nachvollziehbar und ließ den Prozess geordnet wirken. Die wenigen Informationen zeigten dabei die Konservativität der Natur und ihren stabilen Aufbaumechanismus.

Andererseits sind durch die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten und die sich bedingende Entstehung der embryonalen Zellen eine Vielzahl an Entwicklungen möglich. Diese betrifft zum Beispiel Organe von Systemen, die bei einer Temperaturdifferenz verschiedener Örtlichkeiten eine andere Versorgung benötigen. So wird ein Vogel aus einer warmen Gegend ein anderes Federkostüm entwickeln wie ein Artgenosse aus einem kaltem Landesteil. Dieses im höchsten Maße an die Umwelt angepasste und formenvielfältiges System entsteht also im Endeffekt durch überschaubare Startbedingungen, die im Laufe der Zeit zu einem komplexen und höchst ökonomischen Leben werden.

Die Topobiologie - Theorie stand bei ihrer Veröffentlichung schon im Interesse der Öffentlichkeit und wurde wissenschaftlich schnell anerkannt, im Gegensatz zu einer Arbeit, die 1917 erschienen war. Dieses Werk hatte eindrucksvoll auf über 1000 Seiten Naturphänomene katalogisiert, wurde aber lange als "glorioser Anarchismus" gehandelt. Der Verfasser, ein Biologe namens D´ Arcy Thompson¹, zeigte in "Über Wachstum und Form", eine Vielzahl von natürlichen Systemen, die er in Grundmuster eingeteilt hatte. Zahlreiche Bilder und eindrucksvolle Erklärungen unter anderem zu Fischen, Pflanzen und mathematische Naturprinzipien finden sich in dem lange verkanntem Werk. Er erkannte schon damals, dass die Natur höchst effizient Ressourcen nutzt, indem sie mathematische Systeme aufbaut, denn die optimale Form ergibt sich aus einfachen mathematischen Formeln.

Bei Pflanzen ist dieser Aufbau mittlerweile so gut nachvollziehbar, dass sich diese am Computer simulieren lassen. Hierbei ist genau zu beobachten, wie effektiv die Natur arbeitet, so ist beim Aufbau einer Pflanze und deren Verästelung schon eine Verschiebung von 0,2 Grad verheerend. Zum Beispiel könnte, bei einer Blüte, eine auseinanderstrebende Spirale anstatt einer optimalen Verdichtung von Samen oder Blättern entstehen. Durch diese Verschiebung wäre die Pflanze bei der Lichtnutzung, Bestäubung oder anderen Faktoren gegenüber der effizienten Form benachteiligt. Eine dieser mathematischen Zahlenreihen, die hinter solchen optimalen Formationen steckt, nennt sich Fibonacci - Seguenz, Diese wurde von Leonardo von Pisa, der den Spitznamen "Fi Bonacci" trug, in Annäherung an den "Goldenen Schnitt" benannt. Die Sequenz entsteht, wenn eine Zahl sich ieweils aus der Summe der beiden vorausgehenden Zahlen ergibt, z. B. 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13 usw. Hier entspricht das Verhältnis benachbarter Zahlen etwa dem Goldenem Schnitt, bei Anwendung von pflanzlicher Verästelungen entspräche dies 137,5 Grad. Bei dieser Teilung einer Strecke, die grundsätzlich als harmonisch empfunden wird, steht der kleinere Teil zum Größerem im gleichen Maß wie der Größere zum Ganzen. Der Goldene Schnitt taucht vielfach in der Natur auf, sowie auch in der menschlichen Anatomie.

^{1~} D´ Arcy Thompson, 1860 - 1948, britischer Mathematiker und Biologe

In dem Werk von Thompson werden auch Fische mit einem gemeinsamen Grundmuster dargestellt, das durch geringe Winkelverschiebungen oder Verzerrungen sich in unterschiedlichem Grade verändert. Durch Anwendung der Fibonacci - Sequenz auf Pflanzen, Veränderung von verschiedenen Grundmustern der Natur und zahlreichen anderen Phänomenen hatte D´ Arcy Thompson gezeigt, wie durch ein reduziertes Spektrum an Startinformationen komplizierte und maximal genutzte Systeme entstehen können. Er vertrat die These, dass vergleichbare Probleme in abstrakten Gestalten, wie verschobene Grundformen einer Pflanze, optimale Lösungen böten. Muster in der Natur lassen sich so immer wieder auf unterschiedliche Phänomene anwenden, so haben nach Thompson z. B. Quallen das gleiche mathematische Prinzip wie die Ausbreitung eines Tropfen in einer Flüssigkeit.

Heute weiß man, dass auch die menschliche DNA das Prinzip der effizienten Nutzung anwendet. Das Gehirn, als zentrales Denkorgan des Menschen basiert im Grunde auf ähnlich wenig genetischer Information wie Phänomene des Naturlebens. Die beiden Theorien von Thompson und Edelmann zeigen also eindeutige Parallelen: Bei beiden Ansätzen entwickeln sich aus wenigen grundsätzlichen Strukturen, Systeme von höchster Komplexität und Ökonomie.¹

2.0 Chaotische Systeme in Organismen

Nachdem nun darauf eingegangen wurde, dass chaostheoretische Ansätze überall in unserer bekannten Welt vorkommen, werden sich die folgende Kapitel mit Auffälligkeiten beschäftigen, die bei lebenden Objekten wie Organismen zu beobachten sind. Besonderst interessant werden chaostheoretische Beobachtungen, wenn man sich mit Bereichen beschäftigt die sich mit dem Menschen selbst auseinandersetzen. Aspekte wie die Entwicklung des Menschen im Sinne der Chaostheorie oder der spannende Bereich der Kreativität als Überlebensstrategie betreffen jeden von uns.

vgl. Günter Haaf, 1990, S. 113ff.

Um nochmal zu verdeutlichen wie sich die folgenden Kapitel von den einleitenden Ausführungen unterscheiden, ist es wichtig sich den Begriff des Organismus genau anzusehen. Laut "BROCKHAUS der Naturwissenschaft und Technik" wird "Organismus" folgendermaßen definiert:

"Organismus: die Gesamtheit der funktionell verbundenen und sich gegenseitig beeinflussenden Organe; das einzelne (pflanzl., tier. oder menschl.) Lebewesen; im Sinne eines zweckmäßig gegliederten, in seinen Teilen aufeinander bezogenen Ganzen ein in Biologie, Philosophie, Psychologie und Soziologie verwendeter Begriff; v. a. in Politik und Wirtschaft auch Metapher im Sinne eines Vergleichs und einer Analogie zum menschl. Körper (Staatsorganismus, "sozialer Organismus"). Während in der Biologie mechanist. Theorien die konstituitive Bedeutung der Einzelteile betonen (gemäß der von R. Descartes geprägten Anschauung des lebendigen Körpers als ein Mechanismus), führte die Erkenntniss der Autonomie des Organischen gegenüber der unbelebten Natur zu der Auffassung, dass die Teile wesentlich am Gesamtorganismus als einer lebendigen Ganzheit

geprägt sind. Unter systemtheoret. Gesichtspunkten wird demgegenüber der Organismus heute nicht als ein (ab) geschlossenes, sondern als ein "offenes System" angesehen, das sich in Wechselwirkung seiner Bestandteile unter unterschiedl. Bedingungen erhält ("Fließgleichgewicht", von L. von Bertalonffy)."

Demnach steht der Begriff des Organismus in der Biologie und Medizin für ein individuelles Lebewesen. Ein weiterer Aspekt des Begriffes wurde von Aristoteles eingeführt. Er führte den Zweck des Organismus, vergleichend mit einer Zielgerichtetheit ein. Dieser bestimmende Zweck hat zur Folge, dass ein Organismus von mehr als nur der Summe seiner biologischen Bestandteile bestimmt wird. Der Organismus ist somit mehr als die Summe seiner Einzelteile.²

vgl. Brock Haus, Naturwissenschaft und Technik Band 2, 2003, S. 1465

² http://de.wikipedia.org/wiki/Organismus, 10.01.2010,

Verschiedenste Organismen ermöglichen die biologische Vermehrung und Artensicherung auf der Welt, allerdings unterscheiden sich hierbei lebendige Organismen in einem wichtigen Punkt von unbelebten Organismen.

Die Möglichkeit ihre Erbinformationen in Form von DNA weiterzugeben, ist einzig den lebendigen Organismen vorenthalten.
Diese Fähigkeit ist verantwortlich für die Artenvielfalt unserer Welt und die Evolutionsgeschichte des Menschens. Im biologischem Entwicklungsprozess entstehen nacheinander die Bausteine des Lebens, nach einem geordnetem, nicht umkehrbarem mathematischem Prinzip.¹

2.1 Anfangs- und Randbedingungen als Identitätsbildner

Um organische Systeme definieren zu können, reicht nicht mehr nur ihre genetische Information. Schon Poincaré erkannte, dass die Anfangs - und Randbedingungen entscheidend für die Entwicklung eines Lebens sind. Durch die Tatsache, dass es aber niemals möglich ist, alle Anfangsbedingungen oder späteren Einflüsse auf das System zu kennen, entsteht hier ein sehr chaotisches Charakteristika. Man weiß nicht, wie sich der Organismus während des Entstehungsprozess entwickelt. Die Verhaltensweise des Systems ist ungewiss und deshalb nicht vorhersehbar.

Das Erbgut von Lebewesen, die DNA, ist entscheidend für die Bildung von Identität - aber nicht ausschließlich.

Es sind eben auch jene "Anfangs- und Randbedingungen", die die Entwicklung prägen. Kein Organismus ist nur durch die genetischen Informationen zu seiner späteren Form bestimmt. Immer spielt auch die Umwelt eine große Rolle, von der Entstehung des Lebens, während der Ausprägung und bis zum Ende seiner

¹ vgl. Günter Haaf 1990, S. 110ff.

Existenz. Die Welt entscheidet so grundlegend mit am Verlauf von Systemen, und diese wiederum prägen die Welt.¹

Der Schmetterlingseffekt zeigt, wie schnell ein scheinbar überschaubarer Prozess zu einer völlig unkontrollierbaren Entwicklung umschlagen kann. Der Einfluss von scheinbar unrelevanten äußeren Faktoren kann sich zu entscheidenden Punkten aufschaukeln, oder ändert den Prozess nur minimal. Aber selbst minimale Veränderungen sind für den weiteren Verlauf ebenso entscheidend wie auch endgültig. Ein Beispiel hierfür liefert das Billiardspiel. Nach der Ausführung eines Stoßes kann sich eine zunächst minimale Verschiebung der Idealbahn der Kugel durch eine sogenannte "Rückkopplung" explosionsartig steigern. Durch die Kollision mit der Bande oder anderen Kugeln entsteht eine extreme Veränderung. Hier wird der Unterschied zum Ausgangswert immer größer, und das außerdem immer schneller, er wächst exponentiell.

Dauer und der Menge der rückgekoppelten Ereignisse. Eines der wichtigsten Merkmale von chaotischen Systemen sind exponentiell wachsende Unterschiede, genau die Rückkopplungen, die wir auch beim Billiardspiel finden.² Bei lebendigen Systemen gelten diese Regelmäßigkeiten ebenso, das ist abzuleiten, wenn man nach folgendem Prinzip vorgeht: Mathematische Zahlen regieren die Physik, die wiederum entscheidet im Bereich der Chemie, welche vor langer Zeit Leben begünstigte, und das wird in Folge heute von Biologen untersucht.

Die Wissenschaften hängen so eng zusammen, dass man bestimmte Regeln, wie äußere Einflüsse auf einen Bewegungsablauf, auf andere verwandte Forschungsbereiche anwenden kann.³ In vieler Hinsicht funktionieren organische Systeme wie unorganische.

¹ vgl. Günter Haaf 1990, S. 106ff.

vgl. Stefan Greschick 1990, S. 18ff.

³ vgl. Günter Haaf 1990, S. 108, 109



Abb. 3: Die Tiergattung der Orangen Zwergkrebse lebt in dichtbewachsenen Gewässern und hat durch diese Anfangs- und Randbedingungen besonders die Fähigkeit zu klettern entwickelt.

Der Physiker Dr. Bernd - Olaf Küppers¹ vergleicht lebende Organismen mit komplexen Maschinen. Er nennt Zweck und Funktionsweise als entscheidende Aufbaufaktoren beider Systeme. Bei der Maschine wird der Zweck vom Menschen bestimmt, wogegen sich die Funktionsweise den herrschenden Naturgesetzen zu unterwerfen hat. Er unterteilt die Funktion nochmals in einen Bauplan, der die Antriebskraft bzw. Energiequelle, sowie die räumliche Gestalt genau definiert.

Und hier kann man den Vergleich von Maschine und lebendem Organismus dann nachvollziehen, denn der Aufbau der Bestandteile, sowie deren Äußeres sind in beiden Fällen von Naturgesetzen abhängige Randbedingungen. Bei einem lebendem Organismus ist, genau wie bei der Maschine, ein Konstruktionsprinzip vorhanden, das auf Naturgesetzen als Randbedingungen aufbaut. Jenes organische Konstruktionsprinzip ist als innerer Bestandteil des biologischen Systems seine DNA.

¹ Dr. Bernd - Olaf Küppers, geb.1944 in Bayreuth, Physiker, Philosoph, theoretischer Biologe, besonderes Interessengebiet: Entstehung des Lebens

Der informationsgesteuerter Aufbau gilt nach Küppers für jede Art von Organisation. Er nennt Anfangs- und Randbedingungen als leitende Prinzipien, die die Vielzahl von möglichen Entwicklungen auf die faktisch ablaufenden begrenzen. Diese Bedingungen werden immer wieder von dem entstehendem System und seiner Umwelt verändert und zeugen somit vom geschichtlichen Werdegang.¹

Genetische Information gekoppelt mit Anfangs- und Randbedingungen bestimmen also Entwicklungen, und dies geschieht in einer bestimmten, nicht umkehrbaren zeitlichen Abfolge. Anders formuliert, Struktur und Funktion des Systems entstehen in chaotischen, dynamischen Prozessen. Auf den Menschen als lebendiges Geschöpf übertragen, lässt genau diese Eigenschaft Individualität zu und ermöglicht im Endeffekt die Ausbildung eines jeden zu einer einzigartigen Persönlichkeit.²

2.2.1Willkür und Zielgerichtetheit in der Evolution

Seit Beginn der Welt hat sich deren äußere Gestalt entscheidend verändert. Charles Darwin³, der erstmals die Evolution beschrieben hatte, erkannte in ihr einen dualen Prozess, bei dem unter Berücksichtigung der Umwelt die am besten ausgestatteten Organismen ausgewählt werden. Und trotz dieses nachhaltigen Vorgehens beschreibt er die Evolution als ziellosen Prozess. Irrelevant wie komplex und scheinbar optimal das Wesen ist, seine Entwicklung ist ein gutes Stück zufällig und mit nicht erkennbarem Ziel verlaufen.⁴

Diese Erkenntnis wurde durch Ergebnisse aus der Chaos -Forschung untermauert. Die Evolution als chaotisches System

^{2.2} Individualität durch Unberechenbarkeit

¹ vgl. Dr. Bend - Olaf Küppers 1990, S. 28ff.

² vgl. Günter Haaf, 1990, S. 106ff.

³ Charles Darwin 1809-1882, engl. Naturforscher, gilt aufgrund seiner Beiträge zur Evolutionstheorie als einer der bedeutensten Naturwissenschaftler

⁴ vgl. Günter Haaf 1990, S. 106ff.

gesehen, erscheint nicht nur ziellos zu verlaufen, sondern befindet sich stetig in der Veränderung. Hierbei ist jedoch jeder Vorgang an seine Vergangenheit gekoppelt, die Ereignisse sind insofern determiniert, dass sie nach festen Regeln ineinander übergehen. Veränderungen sind also möglich, jedoch geht jede davon von einem bestimmten Zeitpunkt in der Vergangenheit aus.

Über kurze Zeit hinweg kann man also, nach einer Art Wahrscheinlichkeitsbeobachtung, die Zukunft eines Systems vorhersagen. Diese Vorhersage entspricht eher der Wahrscheinlichkeit wenn das System weniger stark chaotisch ist, wissenschaftlich ausgedrückt, wenn sich seine benachbarten Teilchen nur langsam voneinander entfernen. Für den Fall, dass es sich aber um ein sehr stark chaotisches System handelt, ist die Wahrscheinlichkeit, Vorhersagen richtig treffen zu können, bedeutend geringer. Auch langfristig ist dann eine Entwicklung nicht mehr korrekt zu beschreiben. Die Dauer der Vorhersagbarkeit kann zwar nochmals erweitert werden, wenn die Anfangsbedingungen im Verlauf des chaotischen Prozesses noch genauer beschrieben werden können. Diese zusätzlichen Informationen müssen dann allerdings oftmals

einem Vielfachen des Ausgangswissens entsprechen und ist somit mit einem massivem Aufwand verbunden. Die Zukunft eines Systems ist langfristig nicht vorraussehbar, verschiedene Faktoren wie der Schmetterlingseffekt, bei dem kleinste Veränderung in den Startbedingungen größte Veränderungen im Prozess verursachen, zeigen die Entwicklung als unberechenbaren Prozess.

Der Zufall entspricht der Natur genauso wie das Chaos. Dies ist nachvollziehbar, wenn man berücksichtigt, dass bei wissenschaftlichen Messarbeiten oft mit gerundeten Zahlen gearbeitet wird oder bestimmte äußere Faktoren wie ein durch einen Film ausgelösten Schockmoment, den Herzrhythmus so irritieren, dass ein plötzlicher Herztod folgt.¹ Diese zunächst kleinen äußeren Impulse der Veränderung sorgen für starke Beeinflussung. Das Ergebniss der Systemveränderung ergibt sich dann nicht mehr deterministisch aus dem vorhergehenden Moment, und ist somit zufällig und chaotisch verändert.²

¹ vgl. Stefan Greschik 1998, S. 65ff.

² vgl. Stefan Greschik 1998, S. 23ff.

Wie auch Darwin vertraten eine lange Zeit viele Wissenschaftler die Überzeugung, dass sich die Evolution in ihrer Gesamtheit nur durch eine Verkettung von Zufällen entwickeln konnte. Es wurden zwar die Organismen mit den bestangepassten Genen von der Evolution ausgewählt, doch diese waren vorher willkürlich und ohne Absichten entstanden. Noch nach der Mitte des letzten Jahrhunderts war die wissenschaftliche Meinung vertreten, dass die heutigen Lebensformen unserer Welt auch ganz anders aussehen hätten könnten. Das Leben galt als unwahrscheinlicher und einmaliger Zufallstreffer in der Entwicklung. Die These, dass nichts auf der Welt zielgerichtet verlaufen wäre und dass die Quelle der Natur im Unvorhersehbarem läge, widersprach zahlreichen religiösen und auch philosophischen Ansätzen.

Im Jahre 1970 wurde diese absolute Ansicht dann aber durch ein kleines aber entscheidendes Detail ergänzt. Einige Forscher, darunter Manfred Eigen¹ entwarfen ein Modell, dass der unantastbaren

Zufälligkeit in einem Punkt wiedersprach. Der schon von Darwin beschriebene Prozess der Selektion von gut geeignetem genetischem Material ist demnach eine Bevorzugung der Natur, die nicht unter Willkür laufen kann. Die Forscher sprachen hierbei von einer regelrechten "Lenkung" oder "Zähmung des Zufalls".

Durch diesen Standpunkt hatte der Zufall zwar immer noch einen äußerst hohen Stellenwert, gleichzeitig wurde aber die Bevorzugung des optimaler entwickelten Organismus als wichtige Vorraussetzung für die Evolution gesehen. Der planende Schöpfungsprozess entspricht auch vielen Ansätzen in Religion und Philosophie, und stellt eine Mischform aus Regulierung und Zufall dar. Individualisierende Natur benötigt neben den genannten Faktoren auch Wagnis und Risiko. Die Evolution als spielerisch entstandene weise Freiheit vereint so Willkür und Zielgerichtetheit.²

Manfred Eigen, geb. 1927 in Bochum, deutscher Bio- bzw. Physikochemiker und Nobelpreisträger für Chemie

vgl. Volker Sommer 1990, S. 64ff

2.2.2 Tendez zur Komplexität

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit dem Ansatz der Komplexität und zeigt einen gewaltigen Sprung von chaotischen Systemen auf: vom Unbelebten zum Belebtem. Aus diesem Grund ist eine genauere Ausführung der Umstände, die Leben ermöglichen sinnvoll. Zunächst bietet sich hierbei eine Betrachtung der Begrifflichkeit des Komplexen an.

Komplexität beschreibt laut Definition einen Zustand, der auch mit den Synonymen "kompliziert", "vielschichtig" oder "nicht einfach" beschrieben werden kann. Außerdem benennt der Begriff auch "mehrere eng zusammenhängende Dinge" wie Fragen, Probleme oder Themen.¹ Es gibt auch in der biologischen Evolution einen Bereich, der eng mit dem Komplexitätsbegriff verbunden ist und sich hierbei durch einen sogenannten "Trend zur Komplexität" beschrieben wird.

Die Evolution, die einerseits keine zielorientierte Entwicklung vermuten lässt, hat auf der anderen Seite eine Vielzahl an höchst komplexen Organismen entstehen lassen. Jedes noch so weit entwickelte Lebewesen hat seinen Ursprung in einem winzigem Bakterium, und stattet bei der Fortpflanzung seine Nachfahren doch mit der eigenen Art entsprechenden DNA aus. Es gibt somit die gleiche genetische Information, die zu seiner Entwicklung nötig waren weiter. Welche Faktoren ermöglichen die Evolution, die starke Veränderungen, auch genetischer Art, bei Organismen dokumentieren lässt, dennoch?

Die Tatsache, dass es eine solche Vielfalt in der Welt gibt, zeugt von einer anspruchsvollen Produktion der Natur. Jedes Lebewesen geht durch einen Entwicklungsprozess, der höchst komplex ist. Die Natur lässt aus den minimalen Vorraussetzungen wie einer befruchteten Eizelle ein überlebensfähiges System entstehen. Die Anfangs- und Randbedingungen von chaotischen Systemen spielen hierbei eine wichtige Rolle. Der geheimnisvolle Bereich, innerhalb dem Leben möglich ist, lässt sich genauer spezifizieren, je mehr Informationen man zu diesem hat.

¹ PONS Kompaktwörterbuch, 2005, S. 587

Die Auffälligkeiten, die für belebte chaotische Systeme gelten, sind durch Kenntnisse über die Bedingungen, unter denen sie entstanden sind, besser zuzuordnen. Im zeitlichen Verlauf der Evolution kann man hierbei belebte und unbelebte Phänomene trennen. Die Wissenschaft muss aber mit der Problematik umgehen, dass sich die Evolution und die Entwicklung der individuellen Ausprägungen im Nachhinein nicht mehr genau rekonstruieren lässt. Durch die Vielzahl an Einflüssen und die Vermischung von zahlreichen Forschungsbereichen gilt es zudem als unmöglich den Lebensursprungs exakt nachzuvollziehen. Die Anfangs- und Randbedingungen gelten aber als ein wichtiger Bestimmungsfaktor für die Entwicklung, da hinter Organismen immer die universelle Gesetzlichkeit der "Nichtlinearität", das heißt, das Wechselspiel zwischen chaotischen und geordneten Zuständen steht.

Obwohl es als unmöglich gilt, den Ursprung des Lebens und die Evolution in ihrer Gesamtheit nachvollziehen zu können, zeigen sich bei der Entwicklung von Organismen immer wieder bestimmte Auffälligkeiten. Zwei dieser Auffälligkeiten zeigen sich dabei in scheinbar alternierender Form:

Es gibt einen Bereich in jeden System, in dem spezielle Gesetzmäßigkeiten dafür sorgen, dass das System sich entsprechend entwickeln konnte. Je später das System im zeitlichen Verlauf der Weltgeschichte entstanden ist, desto geringer ist der Raum, in dem es wirkt. Das bedeutet zum Beispiel, dass Leben, wie es uns bekannt ist, nur auf der Oberfläche des Planeten Erde, die Möglichkeit zur Entstehung hatte.

Die zweite Auffälligkeit ergibt sich aus dieser Größendimension. Im Umkehrschluss gilt nämlich folgendes: Jene sogenannten "Freiheitsgrade", die jegliche belebte Systeme als Eigen haben, wachsen gegenläufig mit der Größe. Das heißt, dass minimalster Raum maximale "Freiheitsgrade" begünstigt. Diese Erscheinung hat damit zu tun, dass kleinerer Raum sich physikalisch auswirkt, indem es seine Empfindlichkeit erhöht.

Als bildhaftes Beispiel gilt das menschliche Hirn. Zunächst ist es durch seine geringen Größe und seiner Abhängigkeit von anderen Systemen, auf einer sehr niedrigen natürlichen Hierarchieebene anzuordnen. Ohne Sauerstoffzufuhr ist das Überleben nur auf maximal zwei Minuten begrenzt.

Trotz dieser Tatsache gilt das Gehirn als höchstkomplexes Organ und als geistiges Zentrum des Menschen. Persönliche Gedanken, Vorstellungskraft und Kreativität zeugen davon, wie sich trotz und gerade auf Grund des geringen Raums des Organs, eine persönliche geistige Welt entwickeln kann. Diese beiden aufgeführten Merkmale von chaotischen Organismen weisen auf den universell gültigen Trend zu höherer Komplexität hin.¹

Der Begriff der Komplexität wird in verschiedenen Bereichen, wie der Physik, Mathematik oder der Biologie eingesetzt. Er stammt aus dem lateinischem und setzt sich zusammen aus den Wörtern "com", welches "zusammen" und "plectere", das "flechten" bedeutet. Dies Verbindung "complectari" zeugt von einem schwer verständlichen und komplizierten Umstand, der nur mit Schwierigkeiten zu begreifen ist. Die Komplexität gilt als neues interdisziplinäres Forschungsfeld, bei dem Ansätze aus der Physik, der Computerwissenschaft, aus dem Forschungsbereich des

Die Entwicklung eines organischen Systemes hängt also wie bereits beschrieben, von verschiedenen Faktoren wie Anfangs- und Randbedingungen ab, und schwankt zwischen geordneten und chaotischen Zuständen. In der Biologie ist die Ansicht vielfach vertreten, dass auch Rückkopplungsprozesse³, das heißt Prozesse

künstlichen Lebens, und verschiedene chaotheoretische Ansätze verbunden werden. Durch die neue Verbindung werden komplexe Systeme beobachtet und Beispiele aus der sogenannten "complex systems research" gezogen. Die mathematisch - physikalischen Betrachtungen der Komplexität beschäftigen sich mit dem Merkmal der spontanen Musterbildung in diesem Bereich, der die Wirtschaft, Zellbiologie, Evolutionstheorie und mehr mit einschließt. Diese potentiell in einem System vorhandenen Ordnungszustände werden als komplex bezeichnet.²

vgl. Ib Ravn 1995, S. 120ff.

³ Rückkoppelung (Ingeneurwissenschaft, Naturwissenschaft, Sozialwissenschaft): Ein Teil des Outputs eines Systems wird als Input an das System zurückgeschickt und beeinflusst dadurch wiederum das Verhalten des Systems. (vgl. Raven, S. 201)

¹ vgl. Günter Haaf 1990, S. 106ff.

die immer wieder ins eigene Verhalten eingreifen, Organismen in unterschiedlicher Art beeinflussen. Diese Prozesse werden für die Stabilität der Organismen über längere Zeitspannen verantwortlich gemacht. Hier entwickelt sich das System zunächst nicht weiter, und behält seine entwickelte Form.

Auf der anderen Seite sind es jedoch genau diese Rückkopplungsprozesse in chaotischen Systemen, die dazu führen, dass der Organismus zu einer höheren Ebene der Entwicklung tendiert und dem Trend der Komplexität folgt. Verschieden Stadien entstehen so in einer zeitlichen Abfolge, die jeweils die Entwicklung aus den vorhergehenden Ereignissen sind. Bei folgendem Beispiel wird deutlich, wie Stabilisation und Evolution im Sinne von Entwicklung miteinander agieren.¹ Howard Pattee², Biologe und Physiker, äußert sich folgendermaßen:

"Nehmen wir z. B. die Bakterien. Diese ersten Lebensformen auf der Erde haben keinen Zellkern. Sie vermehren sich einfach, indem sie sich teilen, also Kopien von sich selbst herstellen. Bakterien haben auch die Fähigkeit, untereinander - durch einen Prozeß, der nicht Fortpflanzung ist - Stücke genetischen Materials auszutauschen.

Das bedeutet, daß alle Bakterien der Welt gegenseitig Zugang zu ihren jeweiligen genetischen Vorräten haben. Durch ständige Iteration von Material im genetischen Pool können sich daher Bakterien sehr rasch an wechselnde Bedingungen anpassen. Die Schattenseite dieser biologischen Form der Selbstbezüglichkeit ist jedoch, daß es unter Bakterien keine wirklichen Individuen gibt. Wegen der Selbstrückkoppelung bei Herstellung von Kopien gibt es nur die verschiedenen Abstammungslinien von Klonen. [...]

Ein Nachteil ist jedoch die begrenzte Komplexität der Lebensformen, die sich durch diese Methode entwickeln lassen. Nach einer Theorie überzog diese erfolgreiche Iteration die ganze Erde mit Bakterien. Dies brachte chaotische Bedingungen hervor, denen dann eine neue selbstbezügliche Schleife entsprang: Die Sexuelle Fortpflanzung.

l vgl. Gertrud Köck, 1999, 4.2.1

² Howard Pattee, ehemals Prof. der Binghamton University, Biologe und Physiker

Dadurch wurde ein neuer, unglaublich kraftvoller Entwicklungsschub ausgelöst." ¹

Durch die anfängliche äußerst in sich stabile Situation, die ohne äußere Einflusse ihre Form behielt, konnten Bakterien nach Pattee zunächst ihre Population ausweiten und ihren Bestand sicherstellen. Nachdem dies gelungen war, wurde deutlich, dass einzig eine Stabilisierung sich nicht dauerhaft als nützlich erweisen konnte. Verschiedene äußere Einflüsse, auch die als Randbedingung auftauchende Rückkopplung der Population, verlangten nach einer Entwicklung, denn nur durch diese konnten sich die Organismen auf lange Zeit anpassen und fortbestehen.

Neben Organismen, die im Laufe der Evolution immer neue Formen annahmen, gibt es auch eine große Anzahl an Beispielen für die Stabilität der Natur. Viele Tierarten, wie der Hai, scheinen sich in mehreren hundert millionen Jahren nicht weiterentwickelt zu haben. Andere dagegen, wie die Saurier, scheinen plötzlich Die natürliche Vielfalt auf der Welt entsteht zwischen Wechselwirkungen, die eine Besonderheit haben. Die "Nichtlinearität" der Systemteile sorgt dafür, dass das Ganze mehr ist als die bloße Addition, es ist mehr als die Summe seiner Teile. Schon beim Aufbau von Organismen ist diese Besonderheit zu spüren: Er wächst über seine eigenen Grenzen. Das bedeutet, dass der Endzustand nicht absehbar und einschätzbar ist. Die starken dynamischen Rückkopplungen machen jeden Endzustand des Systemes wieder zu einem neuen Ausgangspunkt für Entwicklung. Diese Wechselwirkungen sind der Ursprung seiner Komplexität.³

ausgestorben zu sein oder entwickeln sich explosionsartig. Chaos scheint tatsächlich problemlos neben Stabilität zu existieren. Die Tendenz zur Komplexität ist im Wechselspiel dieser Zustände als ein Merkmal der chaotischen Systeme beständig zu beobachten.² Diese Tendenz wird wie alle Prozesse in chaotischen Systemen von den Naturgesetzen gesteuert.

¹ vgl. Briggs John, Peat F. David, 1990 S. 94ff

² vgl. Stefan Greschik 1998, S. 38ff.

³ vgl. Dr. Bernd - Olaf Küppers 1990, S. 28ff.

Gekoppelt mit dem Charakteristika der ziellosen Entwicklung verhindern chaotische komplexe Systeme jede Berechnung ihrer Entwicklung. Auch die Erforschung von auf niederschwelligeren Stufen bekannten Phänomenen, verläuft ins Unbekannte, wenn man sie auf höhere Ebenen anwenden möchte. Somit verhindern chaotische Zustände die Berechnung von Entwicklungen und ermöglicht gleichzeitig Neues in unserer Welt. Denn dies ist wohl die entscheidende Schlussfolgerung aus dem universellen Trend zur Komplexität: Neues ist generell möglich.¹

2.3 Kreativität als Überlebensstrategie

Die Welt, wie sie uns bekannt ist, ist in Millionen von Jahren entstanden. Im Laufe dieser Zeit gab es eine Vielzahl von Entwicklungen und Veränderungen. Neues entstand und verschwand teilweise auch wieder. Die Veränderungen konnten nur durch

gewisse Faktoren entstehen, unter denen sich die Welt in ihrer Dimension ausprägte. Bestimmte Überlebensstrategien waren für die Sicherung der Existenz notwendig. Die wohl entscheidenste Rolle bei diesen Strategien spielte und spielt noch immer, die Kreativität. Das geheimnisvolle Gebiet des Lebens und dessen Ursprung wird wohl niemals komplett zu entschlüsseln sein, durch die Erkenntnisse in der Chaos - Forschung sind aber unterschiedliche Erklärungsansätze entworfen worden. Man weiß heute, dass Neues prinzipiell möglich ist.

Auch der Punkt, dass für das Überleben der Fortschritt der Welt von Nöten ist, ist entscheidend. Die Natur an sich hat eine Fähigkeit ausgebaut, die diese Punkte miteinschließt. Das Stichwort "Kreativität" kann in gewissem Maße die Evolution erklären.² Kreativität, vom lateinischen Wort "schöpferisch" übernommen, beschreibt einen Zustand voller neuer Ideen und die Fähigkeit, diese umzusetzen.³

¹ vgl. Günter Haaf 1990, S. 107ff.

² vgl. Günter Haaf 1990, S. 107ff.

³ PONS Kompaktwörterbuch, 2005, S. 587

In der Biologie ist die Kreativität von immensen Wert für die Evolution. Sie ist zu finden im Großen und Kleinem, im Leblosem und im Lebendigem. Die folgenden Ausführungen geben einen Einblick in die Möglichkeiten der Kreativität, die sich die Evolution in der Vergangenheit zunutze gemacht hat.

2.3.1 Maximale Vielfalt im scheinbar Unwesentlichen

Die Selbstähnlichkeit hat gezeigt, dass Systeme, die sich im Großen und Kleinen in sich selbst abbilden, auch ähnlich funktionieren und arbeiten. Man kann also schon bei der Entwicklung im kleinsten Bestandteil eines organischen Systems, in seiner fraktalen Substanz erkennen, ob diese mathematisch stabil ist. Bestimmte Zustände sind in sich stabil und andere nicht. Bevor es allerdings zu dieser Stabilität kommt, ist ein System ständig im Bestreben, den wechselnden Zustand von Chaos und Ordnung zu definieren. Die Bedrohung des organischen Lebens durch seinen Tod fordert eine Optimierung des Bauplans und eine maximalen Reproduktion von Nachkommen. Für diesen Zweck sind schon kleinste Elemente

im Einsatz. Bereits auf der Stufe der winzigen Erbmoleküle wird permanent für die eigene Vermehrung gesorgt. Wenn in der Vergangenheit eine Anpassung auf die Umgebung erfolgreich umgesetzt worden ist, kann diese Vermehrung der Moleküle umso effizienter ablaufen.

Nachdem sich die Anzahl der Erbmoleküle in kurzer Zeit vervielfacht hat, ergibt sich nach einer Weile, gerade durch die Menge der Moleküle, eine Konkurrenzsituation. Hier kann es sich um Nahrung oder andere Ressourcen handeln, die nicht unendlich zu Verfügung stehen.¹ Durch den Druck werden die Erbmoleküle gewissermaßen zur Selektion und auch Mutation "gezwungen". Bei der Duplizierung der Moleküle im Rahmen der Vermehrung kann es passieren, dass sich auch Fehler einschleichen. Durch diese Ungenauigkeiten entstehen Mutanten. Diese zufällig entstandenen Typen können fast genauso gut an ihre Umwelt angepasst sein, wie die "Stammsequenz", die kopierten Moleküle.

vgl. Günter Haaf 1990, S. 110ff.



Abb. 4. Ernst Haeckel dokumentierte eine kreative Vielzahl an unterschiedlichen Tiergattungen, darunter auch Krustentiere. Auch wenn die Natur eine extreme Vielfalt hervorbringt, erhalten sich in der Evolution aber nur die Tiere dauerhaft, die am besten an ihre Umweltbedingungen angepasst sind.

Nach wenigen weiteren Kopiervorgängen, können die verwandten Mutanten oft sogar entsprechend besser mit ihrer Umgebung harmoniert, und stellen dadurch eine deutliche Verbesserung dar. Die zuletzt erfolgte elementare fortschrittliche Konsequenz der Natur ist verantwortlich für eine wiederum optimalere Sicherstellung der maximalen Vielfalt. Die geschlechtliche Fortpflanzung zweier Individuen in Form von Sex ermöglicht die Mischung von unterschiedlichem Erbgut. Dies kann endgültig ausschließen, dass die Anpassung auf eine sich verändernde Umwelt nicht mehr umgesetzt werden kann.¹

Der Vorgang der Ausprägung der maximalen Vermehrung kann gut nachvollzogen werden, wenn man sich das Immunsystem des Menschen ansieht. Es sorgt im Falle von drohender Krankheit für dessen Schutz. Sogenannte "B - Zellen" sind für die Produktion von Antikörpern zuständig. Da aber jeder Krankheitserreger einen anderen Antikörper zur Bekämpfung benötigt, werden Millionen

verschiedene Typen entwickelt. Gerade solches Verhalten gewährleistet beim Eindringen der Krankheitserreger einen sofortige Schutzmechanismus. Ab dem Moment, in dem ersichtlich ist, welcher Antikörper auf den Erreger passt, beginnt das menschliche System explosionsartig mit der Produktion einer gigantischen Anzahl an identischen Antikörpern. Im Falle des menschlichen Immunsystems, ist die hohe Zahl an Antikörpern, und somit die große Wahrscheinlichkeit auf drohende Krankheiten abwehrend reagieren zu können, der Vorteil des organischen Systems. Die Produktion von scheinbar Unwesentlichem erweist sich dabei als effektiver Schutzmechanismus, wenn es darum geht, auf Unberechenbares reagieren zu müssen. Eine entscheidende Rolle bei der Ausprägung der maximalen Vielfalt spielt hierbei der Zufall.²

Die Wechselwirkung von chaotischen und geordneten Zuständen in biologischen Systemen ist entscheidend für die Lebensentwicklung. Der Zufall bringt immer wieder überraschende Einflüsse von

¹ vgl. Franz Mechsner 1990, S. 83ff.

² vgl. Günter Haaf 1990, S. 110ff.

außen und innen. Mit diesen Einflüssen kann kein System umgehen, das starr und unflexibel in seinen Vorgängen ist.

Deterministisches Chaos dagegen, das ja schon impliziert, dass der Organismus sich unvorhersagbar entwickelt, ist dagegen alles andere als starr. Sensibel und spontan kann ein solches System mit Zufällen umgehen, und sie ausgleichen. Auch im menschlichen Körper ist das Wechselspiel von Chaos und Ordnung ständig aktiv. Systeme die Atmung, Herzschlag oder Blutdruck regulieren, funktionieren geradezu unregelmäßig und sind nur aufgrund dieses Vorgehens fähig, spontan auf Störungen zu reagieren und positiv mit ihnen umzugehen. Durch das deterministische Chaos, das zwar aus festen Regeln entstammt aber sich zu unterschiedlichsten Formen ausprägt, können zufällige Einflüsse nicht nur ausgeglichen werden, sie können auch bewusst gelenkt werden. Durch dieses Steuern des Zufalls ist es sogar möglich, auch Ungewolltes positiv und kreativ für die eigenen Zwecke zu nutzen.¹

Bei der Ausprägung der maximalen Vielfalt spielen so Zufälle, als das System nachhaltig beeinflussende Faktoren, eine kreative und wichtige Rolle.

In der Forschung wurde die Rolle von Veränderungen in lebenden Organismen von einigen der bedeutensten Wissenschaftler untersucht. In der bekannten Evolutionstheorie von Darwin vertrat dieser die Ansicht, dass die stetige Veränderung als "natürliche Zuchtwahl" eine für den Organismus positive Entwicklung ist.

Der Japaner Motoo Kimura² entwickelte nun 1968 eine "neutrale Theorie der molekularen Evolution", die mit Darwins These in einem bestimmten Bereich nicht übereinstimmt. Kimura war der Ansicht, dass die Mutationen und zufällige Entwicklungen eine bedeutende Rolle für das System spielen. Jedoch, und dies erscheint zunächst widersprüchlich, nannte er diese Veränderungen neutral.

¹ vgl. Charlotte Kerner 1990, S. 140ff.

Motoo Kimura 1924 - 1994, japanischer Botaniker und Evolutionsbiologe. Er gilt als Begründer der Neutralen Theorie der molekularen Evolution

Unabhänging von der natürlichen Zuchtwahl bieten entscheidende Veränderungen so zunächst weder Vor - noch Nachteile bei Überlebensstrategien. Dass deterministisches Chaos immer wieder Unvorhersehbares erscheinen lässt, ist eines seiner Merkmale, dass diese unberechenbaren Ausbrüche aber einer definierten Ursache unterliegen, dem widerspricht dagegen die "neutrale Theorie".

Die unterschiedlichen Ansätze der beiden Theorien von Darwin und Kimura lassen sich mittlerweile gut verbinden. Die benötigte Auswahl im Bereich von genetischer Information kann auch von der "neutralen Theorie" gedeckt werden. Hier bildet die "neutrale molekulare Evolution" die Spende der natürlichen Materialienvielfalt. Mit einem vielfältigen und großen Angebot an genetischen Bausteinen hält das organische System unterschiedlichste Möglichkeiten bereit. Diese Vielfalt steht anschließend der darwinistischen Evolution als breites Auswahlangebot für die natürliche Auslese zur Verfügung.

Bei diesem Prozess werden, wie das Immunsystem mit den Antikörpern, diejenigen Gene ausgewählt, die der Organismus für sein Fortbestehen benötigt. Sollten sich die Gene später nochmals verändern oder nicht mehr verfügbar sein, ist das System nicht mehr fähig, sich zu vermehren oder die Prozedur endet im schlimmsten Fall für den Organismus tödlich.¹

2.3.2 Selektive Stabilisierung im Wesentlichen

Wie schon bei zuvor bei der Komplexität angesprochen, schafft ein Organismus nicht ohne Grund eine solch große, scheinbar verschwenderische Anzahl an Genen. Die maximale Vielfalt von scheinbar Unnötigem wird nach deren Ausbreitung präzise sortiert und auf ihre Notwendigkeit geprüft. Nur die Systeme, die sich als nachhaltig sinnvoll erweisen, können sich bei der Auswahl durchsetzen. Auch im Nervensystem von Wirbeltieren findet man während deren Entwicklung verschiedenste, wahllos scheinende Verbindungen.²

l vgl. Günter Haaf 1990, S. 108ff.

² vgl. Günter Haaf 1990, S. 110ff.

Neuronal begründet, werden bei diesem Prozess die wichtigen Kontakte von Nervenzellen hergestellt. Das Netz aus Nervenzellen arbeiten mit Informationen, die zu Tausenden anderen Neuronen in ihrer Umgebung gesendet wird.

Ebenso wie das Schicken gehört das Empfangen von Signalen zu den Aufgaben jeder Zelle. Dies stellt eine komplexe Aufgabe dar, die die Bewältigung einer äußerst großen Menge an Daten impliziert. Im Laufe der Zeit kristallisieren sich so einzelne neuronale Verbindungen als sinnvoller wie andere heraus. Diese Verbindungen werden, falls sie sich dauerhaft als gut funktionierend beweisen, verstärkt. Es gibt jedoch auch eine Unmenge an verbundenen Nervenzellen, die sich als nicht fehlerlos arbeitend herrausstellen. Im Rahmen der selektiven Stabilisierung sterben diese Verbindungen ab, und reduzieren den Organismus so auf das zum Überleben Wichtigste ein.¹

In einem biologischem System, dass einerseits seine Form konservativ behalten möchte, und sich andererseits im Rahmen der Komplexität verändert, herrscht so ein sensibles und prüfendes natürliches Gleichgewicht.

Die Vielzahl der von biologischen Ausprägungen hat unterschiedlich stark veränderte Gene. Teilweise findet man ursprüngliche, teils aber auch extreme Mutationen. Interessant bei dieser Tatsache ist, dass gerade die Gene, die am meisten mutieren, insbesondere dort vorkommen, wo sie nicht zum Überleben notwendig sind. In sogenannten "Pseudo - Genen" spielt sich die Evolution in rasendem Tempo ab. An diesen Stellen gestaltet sich der Veränderungsprozess bedeutend schneller und ermöglicht kreativste Ergebnisse. Dieses Verhalten ist zurückzuführen auf die im Kapitel der Komplexität beschriebenen "Freiheitsgrade" die gegenläufig zur Größe wachsen, indem sie ihre Sensibilität erhöhen. Das menschliche Hirn, das einerseits physikalisch an eine relativ geringe Größe gebunden ist und zugleich aber eine extreme geistige Unabhängigkeit erreicht, gilt als exemplarisch für dieses Verhalten.

¹ vgl. Franz Mechsner 1990, S. 118ff.

Ebenfalls ein interessanter Aspekt der selektiven Stabilisierung ist der geplante Tod in chaotischen belebten Systemen. Als Überlebensstrategie macht das Ende des Lebens plötzlich einen Sinn, wenn man sich die Evolution in ihrer Gesamtheit betrachtet. In einer Welt, die von einer solchen Vielfalt geprägt ist wie die unsere, ist der Kampf um Ressourcen, wie Nahrung ein wichtiger Aspekt. Auch äußere Einflüsse können ein stabiles biologisches Gleichgewicht schnell zum Kippen bringen.

Die Tatsache, dass das Leben zu jeder Zeit in Chaos umschlagen könnte und es somit für das belebte System beenden würde, bringt die Biologie dazu, den Tod als Teil einer Strategie zum Überleben einzusetzen. Langfristig betrachtet, bewirkt die zufällige Mutation und der strategische Tod die Sicherung der Existenz der Systeme. Diese können nur dann mathematisch stabil sein, wenn der Tod als ein Teil des Lebens involviert ist.¹

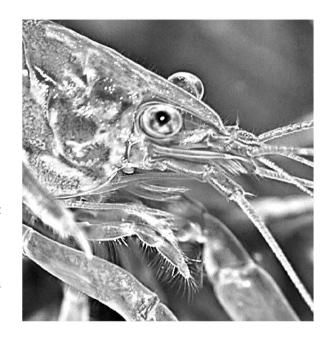


Abb. 5: Wenn sich Entwicklungen von Systemen als nachhaltig sinnvoll erweisen, werden sie bei der selektiven Stabilisierung bevorzugt. In der Evolution haben sich bestimmte Merkmale bewährt.

Der Orange Zwergkrebs hat, durch die Fähigkeit verlorene Gliedmaßen wieder nachwachsen zu lassen, einen enormen Überlebensvorteil.

¹ vgl. Günter Haaf 1990, S. 110ff.

Ein Beispiel hierfür ist die Tiergattung der Wühlmausart "Lemmus lemmus". Diese Tiere vermehren sich nach etwa drei Jahren explosionsartig und begehen dann in großen Mengen den Freitod. Dieses Verhalten verhindert, durch den extremen Wechsel von Bevölkerungsanstieg und Zusammenbruch, eine Deziminierung des natürlichen Bestandes durch Raubtiere. Die konstante Zahl von Tierbeständen ist in der Natur des ökologischen Gleichgewichts nicht so häufig wie allgemein angenommen und überrascht mit extremen chaotischem Verhalten.¹

2.3.3 Selbstorganisationsprozesse

In unserer Welt finden wir permanent vielfältige Ordnungen, die ineinander eingebettet sind. Galaxien enthalten Sonnensysteme, wobei wiederum auch diese in andere Ordnungen, wie geologischer oder ökologischer Art, eingegliedert sind. Diese strukturierte

Welt entwickelt auch im Kleinen immer weitere Ordnungen, die unabhängig von der größeren Ordnung funktionieren.² Diese spannenden Verhaltensweisen sind auch in nichtlinearen Systemen zu finden. Diese Ordnungsmuster die sich in Form von fraktaler Selbstähnlichkeit zeigen, bilden sich durch interessante Prozesse, die sich unter dem Namen der "Selbstorganisation" zusammenfassen lassen. Die Selbstorganisation ist ein Verhalten von chaotischen Dynamiken, das sich in den verschiedensten Bereichen finden lässt.

Die Strukturen innerhalb des Ordnungsprozesses entstehen durch Iterationsvorgänge, das heißt, die Systemvorgänge lassen sich durch ein mathematisches Wiederholungsprinzip darstellen. Diese dynamische Bildung von Strukturen und Ordnungen ist nur durch Selbstorganisation möglich.³ Auch bei der selektiven Stabilisierung kommen die selbstorganisatorischen Prozesse zum Einsatz. Beispielhaft festigen sich im Gehirn nur die überlebenswichtigen

¹ vgl. Klaus Bachmann, 1990, S. 90ff.

vgl. Günter Küppers, 1996, S. 140ff.

³ vgl Stefan Frerisch, 2000, S. 25

Verbindungen zwischen Nervenzellen, die übrigen anderen verkümmern langsam. Wir sind mit unserem hochkomplexen Organ sogar in der Lage Informationen, die nicht vollständig vorliegen, ergänzend zu erschließen. Dies geschieht komplett ohne organisierendes Zentrum oder einen von außen kommenden Befehl. Zwar sind die Verbindungen im Hirn schon in unseren Genen verankert, dies ist allerdings so grob vorbestimmt, dass sich keine komplexen Systeme wie das sogenannte menschliche Zentrum erklären lassen. Viele Lernprozesse sind autonom von den genetischen Vorraussetzungen für unsere menschlichen Fähigkeiten verantwortlich. Schon scheinbar grundlegende körperliche Fähigkeiten, wie das Sehen, sind ohne einen Lernprozess während unserer Entwicklung nicht möglich. Das Schlagwort, welches die menschlichen Möglichkeiten erklärt, nach denen wir noch viel mehr können als unsere genetischen Vorraussetzungen vermuten lässt, ist die bereits angesprochene Selbstorganisation.

Diese Selbstorganisation ist die Fähigkeit, selbständig Verbindungen zu erstellen. Ohne diese sind wir nicht in der Lage zu überleben, ohne Sie wäre die gesamte Evolution nicht möglich gewesen

und wahrscheinlich gäbe es auch keinerlei Leben auf unserer Welt. Permanenter Umbruch und Neuorganisation der Materie ist nötig, um auf Umwelteinflüsse reagieren zu können. Nur durch ein anpassendes Verhalten ist das Überleben möglich. In einer unberechenbaren Welt ist die Strukturierung und Auswahl von am besten angepasstem Material unumgänglich. Dementsprechend muss das Material geordnet werden, was in der selektiven Stabilisierung geschieht. Was aber ebenso wichtig ist, ist das Chaos.

Auf das Gehirn übertragen bedeutet das, dass das neuronale Netz ein gewisses chaotisches Verhalten benötigt, um nicht bekannte Prozesse zu erlernen. Die unberechenbare Nervenaktivität zwischen den Gehirnzellen ermöglicht schnellstmögliche Einordnung und Abgleichung von Sinneswahrnehmungen. Ordnung und Chaos bedingen sich demzufolge klar. Indem das Gehirn als wichtiges Entwicklungsprinzip ein bestimmtes deterministisches Chaos sogar selbstständig produziert, kann es Neues blitzschnell durch kleinste Veränderungen der Vorraussetzungen einordnen. Determinstisches Chaos ist auch insofern kontrollierbar, da Wahrgenommenes nach der Einordnung auch wieder ausgeblendet werden kann.

Wenn das Hirn nicht chaotisch arbeiten würde, wären Eindrücke permanent präsent und könnten nicht ins Gelernte und Unbewusste eingeordnet werden, da der Zustand im System nicht wieder so schnell zurückgeschwenkt werde könnte. Merkmale der Chaos - Forschung wie die große Wirkung auf kleine Ursachen, ermöglichen durch minimale Veränderungen Starrheit im Gehirn. Durch diese verhinderte Starrheit wird auch das menschliche Denken ermöglicht.

Diese These wird von dem Forscherteam um Walter Freeman¹ vertreten. Solche Überzeugung führt zu dem Ergebniss, dass der Mensch ohne deterministisches Chaos im Gehirn verheerende Probleme beim Lernen hätte, mit anderen Worten, die Konsequenz von fehlendem Chaos wäre eine Lernbehinderung von massiver Schwere. Walter Freeman und sein Forschungsteam beschäftigten sich intensiv mit Lernprozessen im Gehirn. Wenn man die Ansätze dieser Forschung weiterführt, könnte auf einer anderen Ebene

betrachtet, deterministisches Chaos sogar für die Entwicklung des gesamten irdischen Lebens verantwortlich gemacht werden.²
Dem System der maximalen Vielfalt und anschließend der selektiven Stabilisierung entsprechend, spricht Manfred Eigen³ von einem effektiven Mechanismus der Natur. Der Wissenschaftler wiederspricht der Annahme, dass die Evolution nur durch Mutation und Zufall möglich war. Die Selbstorganisation hat ihm zufolge eine durchaus focusierte Optimierung verinnerlicht. Demnach kann die molekulare Evolution nicht durch Zufall und einfaches Probieren zu ihrem heutigen Stand gekommen sein. Ganz im Gegensatz äußert sich Eigen folgendermaßen:

"Das Erscheinen optimaler Moleküle nach wenigen Kopierschritten ist programmiert"⁴

Walter J. Freeman, geb. 1927 in Washington / USA geboren. Er ist Biologe, Neurologe und Philosoph.

² vgl. Franz Mechsner 1990, S. 118ff.

³ Manfred Eigen geb. 1927 in Bochum, deutscher Bio- bzw. Physikochemiker, erhielt zahlreiche Auszeichnungen unter anderem den Nobelpreist für Chemie.

⁴ Interview für Geo - Wissen 1990, Franz Mechsner, S. 84

Das programmierten Fortschreiten der Entwicklung in die Richtung von optimalen Molekülen ist als deutlich zielgerichtet einzustufen. Dieser Ansatz erscheint zunächst irritierend, da ja chaostheoretisch die Evolution nicht berechenbar und strategisch ohne festes Ziel verlaufen sein soll. Manfred Eigens Ansatz präsentiert das Bild einer Evolution, die eine extrem gute und effektive Anpassung auf molekularer Ebene verinnerlicht hat. Diese Anpassung baut auf den sogenannten "Quasi - Spezies" auf, die Mutantengesellschaften präsentieren, welche aus der Stammsequenz von Erbmolekülen und verwandte Mutanten besteht. Quasi - Spezien können sich durch die extreme Mutationsrate äußerst schnell an herrschende Bedingungen anpassen, was die Effektivität der Evolution in ihrer relativ geringen zeitlichen Dimension erklären könnte. Ein Beispiel für eine Quasi - Spezies stellt der Aids - Virus dar, der durch seine hohe Mutationsrate eine Gegenbehandlung extrem erschwert.

Eigens Ansatz liefert, auf einzelne Systeme ausgelegt, eine Erklärung für die Entwicklungsgeschwindigkeit von Organismen. Auf die Evolution in ihrer Gesamtheit ist sie meines Erachtens nicht anwendbar, da das Wechselspiel zwischen chaotischen Systemen nicht planmäßig verlaufen und damit auch nicht zielorientiert sein kann. Der genaue Verlauf der Evolution und die exakte Nachvollziehung des Lebensbeginnes wird niemals möglich sein, allein deshalb, weil die einstigen Anfangsbedingungen nicht zu rekonstruieren sind. Der Punkt, an dem organische Moleküle eine molekulare Evolution ausgelöst haben, konnte noch nicht befriedigend begründet werden.¹

Die Selbstordnung ist nicht in allen Systemen möglich. Im Sinne des zweiten Hauptsatz der Thermodynamik müsste die Unordnung von geschlossenen Systemen im Universum ständig zunehmen. Da aber auch ein Verhalten zu beobachten ist, dass sich zu dem Hauptsatz der Thermodynamik komplett gegenläufig verhält, rätselte man in der Wissenschaft lange Zeit über diese verwirrender Tatsache. Die Evolution war im Zuge des Trends zur Komplexität fähig, hochgradig geordnete Zustände zu entwickeln. Eine Vielzahl von Beobachtungen zeigte auf, dass sich chaotische Zustände

vgl. Franz Mechsner 1990, S. 84ff.

nicht nur permanent verstärken, sondern auch in der Lage sind sich zu ordnen. Erst mit der Theorie der "irreversiblen Thermodynamik" des belgischen Wissenschaftlers Ilya Prigogine konnte man die Problematik dieser Beobachtungen und der Gültigkeit des zweiten Hauptsatz der Thermodynamik in Einklang bringen.

Laut der Theorie von Prigogine ist bei offenen Systemen ein Austausch von Materie und ein ständiger Wechselfluss von Energie normal. Der Wissenschaftler definierte jenen Organismus auf der Erde als ein solches offenes System. Diese Systeme bewegen sich stets zwischen einem geordnetem und einem ungeordnetem Zustand, beständig hin und herschwankend. Wenn ein offenes System sich nicht im Gleichgewicht befindet, wirken ordnende Prozesse. Auch der Mensch als lebender Organismus stellt ein gutes Beispiel für ein System dar, bei dem bei einer Zuführung von Energie in Form von Nahrung die Selbstordnung wirkt. Wenn eine solche eigenständige Strukturierung abläuft, sind Mechanismen erkennbar, die oft nach einem ähnlichem Schema abzulaufen scheinen. Obwohl keine Selbstordnung von Dauer ist, und die Musterbildung jederzeit wieder zu einem chaotischem Zustand

zerfallen kann, ist das kollektive Verhalten deutlich erkennbar. Unterschiedliche Elemente eines Systems ordnen sich dabei plötzlich einer einzelnen Bewegungsstruktur unter. Durch einen bestimmten Auslöser kann eine winzige Bewegung das ganze System dazu bringen, sich dieser anzuschließen. Die Entscheidung in was für Muster und wann sich der Organismus ordnet, wird rein zufällig gefällt.¹

Durch die Verstärkung von minimalen Signalen und die Rückführung dieser wieder zurück in das System, bildet die Natur die immer komplexer werdenden selbstorganisierten Ordnungen. Eine Verbindung an Rückkoppelungen vollführt so eigenständig, sozusagen durch das Aufschaukeln von Chaos zu Ordnung, die Erhaltung der Natur.²

vgl. Stefan Greschik 1998, S. 54ff

² vgl. Andreas Mayer - Brennenstuhl 1994, S. 163ff.

3.0 Die Schaffung von Kultur nach Csikszentmihalyi im Kontext der Chaos - Theorie

Die Chaos - Forschung ist eine Wissenschaft, die nicht nur auf ein einzelnes Forschungsgebiet beschränkt ist. Ihre Merkmale und Einflüsse sind in unterschiedlichsten Bereichen zu entdecken. Von der Mathematik, über die Physik, Chemie und bis zur Biologie, verschiedenste Lebens- und Forschungsbereiche haben sich schon mit den chaostheoretischen Phänomenen beschäftigt. Selbst scheinbar entfernte Gebiete, wurden mit der Theorie in Verbindung gebracht. So untersuchte und verglich man die Phänomene schon in der Ökonomie, Soziologie, Wirtschaft und auch vielen anderen geistesund sozialwissenschaftlichen Bereichen.

Die Chaos - Forschung ist ein äußerst universell anwendbares Forschungsgebiet, dass die Verknüpfung von scheinbar Entferntem in vielerlei Hinsicht anbietet. Schon Pioniere des Forschungsgebietes haben untersucht, ob der Schöpferreichtum und die Vielzahl von menschlichen Einfällen durch chaostheoretische Erkenntnisse begründet werden kann:

"Könnten die Prinzipien der Nichtlinearität auch auf die Kreativität des Menschen anwendbar sein, auf unsere Fähigkeit, ein Kunstwerk zu schaffen oder eine wissenschaftliche Entdeckung zu machen?"¹

Die zwei Forscher John Briggs und David F. Peat versuchten anhand der menschlichen Erscheinung des sogenannten "Geistesblitzes" diese Fragestellung zu untersuchen. Durch das Anführen verschiedenster Situationen wurde die Verbindung zur Selbstorganisation im Gehirn gefunden, bei der chaotische Zustände und deren Ordnung ein kreatives Denken ermöglichen. Die beiden Wissenschaftler stellten die These auf, dass sich Ideen und gedankliches Gut durch diese unabhängige Strukturierung schöpferisch festigen. Das Bemühen des Schöpferischen ist somit die Basis für innovative Zugänge oder Ideen, und behauptet sich dadurch gegen die strukturierte logische Denkweise. Ein neuer Denkansatz ist möglich, wenn man sich beispielhaft den äußeren Umständen

John Briggs / Peat, F. David, 1990, S. 293

der Problematik entzieht, das heißt indem man sich durch eine Veränderung der Umgebung oder einen verschobenen Zeitrahmen persönlich distanziert. Alltägliche Gewohnheit verhindert demnach den Zugang zum schöpferischem Denken. Nach Briggs und Peat ist die Anwendung der Erkenntnisse aus der Chaos - Forschung auf den kreativen Denkprozess problemlos durchführbar. Diese Tatsache ermöglicht einen logischen Ansatz der Wissenschaft auf den geheimnisvollen Bereich des menschlichen Geistes.¹

Der berühmte Psychologe, Soziologe und Antropologe Mihaly Csikszentmihalyi hat sich dem Bereich des schöpferischen Denkens intensiv gewidmet. Er stellte vielfältige Recherchen zum Thema Kreativität an, und ist insbesondere berühmt für seine Werke "Flow" und "Kreativität". Der 1934 in Italien geborene Sohn einer ungarischen Familie, studierte an der "University of Chicago", wo er später auch als Professor tätig war. Hier entwarf er auch seine berühmten Thesen. Er gilt als einer der bekanntesten Vertreter

der Kreativitäts - Forschung. Sein Buch, das hier Grundlage für die folgenden Thesen sein wird, entstand in einer intensiven Auseinandersetzung mit der Kreativität in fünfjähriger Arbeit und basiert hauptsächlich auf der Befragung von kreativen Persönlichkeiten.

3.1 Evolutionärer Bestimmungsfaktor Kreativität

Kreativität ist ein Schlüsselwort bei der Evolution, bei der Ausprägung von Kreativität und bei der menschlichen Fähigkeit zu denken. Jede Entwicklung benötigt die kreative Arbeit der Natur, auch die menschlichen Spezies in ihrer Ausprägung wäre ohne den Einsatz von Kreativität nicht möglich gewesen.² Die Verbindung von wissenschaftlichen Untersuchungen zum Thema Chaos mit ihrer starken Verbindung zur Kreativität möchte ich nun auf ein verwandtes Gebiet anwenden.

¹ vgl. John Briggs / Peat, F. David, 1990, S. 294ff.

vgl. Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 451

Der Soziologe Mihalyi Csikszentmihalyi untersucht in seinem Buch "Kreativität - Wie Sie das Unmögliche schaffen und Ihre Grenzen überwinden" umfassend den Begriff der Kreativität, basierend auf einer Vielzahl von interviewten kreativen Persönlichkeiten. Er beschäftigt sich in seiner Veröffentlichung in drei Kapiteln mit dem kreativem Prozess, Lebensgeschichten kreativer Persönlichkeiten und den Domänen der Kreativität. Csikszentmihalyi ersetzt im Laufe seiner Untersuchungen die Frage "Was ist Kreativität?", durch ein "Wo entsteht Kreativität?" und versucht, eine Antwort auf diese Fragestellung zu finden. Auch die persönliche Entfaltung von Kreativität wird thematisiert.

Für die Kreativität sowie die Kultur gibt es eine immense Anzahl von verschiedenen Definitionen und Theorien. Im Folgendem werde ich mich auf die Definitionen von Mihaly Csikszentmihalyi beschränken, und auch die Parallelen zur Chaos - Forschung anhand seiner Ausführungen ziehen. Dies gilt für die Erklärungen im folgendem Kapitel, auch wenn ich sie, der besseren Lesbarkeit willen, nicht immer explizit erwähne. Somit bezieht sich auch der folgende Vergleich der chaostheoretischen Forschungen grundsätzlich auf

die Ansätze des amerikanischen Soziologen Csikszentmihalyi und soll, neben dem Aufzeigen von parallelen Ansätzen, auch ein besseres Verständnis der Kreativität und Kultur fördern. Auch der Frage, inwieweit Kultur als selbstbestimmbares Gut anzusehen ist und der Erforschung des persönlichen Einflussbereiches auf die Kultur, gilt meine Intention.

3.1.1 Zusammenhang der biologischen und kulturellen Evolution

Csikszentmihalyi hat sich intensiv mit der Erforschung des spannenden Bereiches der Kreativität befasst und formuliert ihre Rolle als eine "zentrale Sinnquelle". Er begründet dies anhand von zwei Punkten. Zunächst merkt der Soziologe an, dass 98 Prozent des menschlichen Erbgutes identisch mit dem eines Schimpansen ist und somit nur zwei Prozent unserer biologischen Ausstattung für unseren besonderen, menschlichen Fähigkeiten verantwortlich sind. Er äußert sich über den Vergleich mit den Schimpansen folgendermaßen:

"Was uns von ihnen unterscheidet - Sprache, Wertvorstellungen, künstlerische Ausdrucksformen, Wissenschaft und Technik - , ist die Folge individueller Erfahrungen, die anerkannt, belohnt und durch Lernen weitergegeben wurden. Ohne Kreativität wäre es in der Tat äußerst schwierig, den Menschen vom Affen zu unterscheiden."

Ebenfalls vermittelt uns Kreativität, so Csikszentmihaly, ein Gefühl des Erhabenen, das den persönlichen Wohlstand und die Komplexität des zukünftigen Lebens bereichert.²

Csikszentmihalyi selbst hat den Bogen von der biologischen Evolution bis hin zur Kreativität geschlagen. Er erklärt diese Verbindung entsprechend:

Kreativität ist das kulturelle Gegenstück zum genetischen Veränderungsprozeß, der die biologische Evolution bewirkt. Bei diesem Prozeß, der sich unterhalb der Schwelle unserer bewußten Wahrnehmung vollzieht, kommt es zu zufälligen Veränderungen in der Zusammensetzung von Chromosomen, Diese Variationen führen dazu, daß plötzlich ein Kind mit einem neuen körperlichem Merkmal geboren wird. Wenn dieses Merkmal eine Verbesserung gegenüber dem bisher Bestehenden darstellt, hat es gute Aussichten. auch an die Nachfahren des Kindes vererbt zu werden. [...] In der kulturellen Evolution gibt es keine Mechanismen, die genauso wirken wie Gene und Chromosomen. Eine neue Idee oder eine Erfindung wird nicht automatisch an die nächste Generation vererbt, Das Wissen, wie man das Feuer, das Rad oder die Atomenergie nutzt, wird nicht als genetische Information an die Kinder weitergegeben, die nach solchen Entdeckungen zur Welt kommen. Jedes Kind muß dieses Wissen auf neue erwerben. Die Rolle der Gene in der biologischen Evolutionen wird in der kulturellen Evolution von Memen übernommen, das heißt von Informationseinheiten, die wir erlernen müssen, um den Fortbestand der Kultur zu sichern. Sprachen, Zahlen, Theorien, Lieder, Rezepte, Gesetze und Wertvorstellungen sind allesamt Meme, die wir an unsere Kinder weitergeben und

¹ Mihaly Csikszentmihaly 2001, S. 9ff.

² vgl. Mihaly Csikszentmihaly 2001, S. 8ff.

dadurch lebendig erhalten. Diese Meme sind es, die ein kreativer Mensch verändert, und wenn genügend einflußreiche Personen diese Veränderung für eine Verbesserung halten, wird sie zu einem Teil der Kultur."¹

Dieser Vergleich der kulturellen Evolution mit dem naturwissenschaftlichem Bereich wird von dem Soziologen hier in eindrucksvoller Weise gezogen. Csikszentmihalyi benennt die beiden Bereiche mit dem Begriff der Evolution und setzt sie sich ergänzend gegenüber. Auch zeigt er schon deutliche Parallelen der beiden Evolutionen auf.

Anstelle des biologischen Begriffes der "genetischen Informationsweitergabe" setzt er das Wort "Meme", und formuliert die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Begriffe. Aufbauend auf den vorhergehenden Kapiteln in dieser Bachelorthesis fällt auf, dass auch der evolutionäre Ablauf der kulturellen Entwicklung

durch Faktoren wie Entwicklungen, Weitergabe und Veränderung geprägt ist. Auch der enge Zusammenhang von Kreativität und Kultur wird in obigem Zitat angesprochen.²

3.1.2 Kreativitäts und Kulturbegriff nach Csikszentmihalyi

Um zweifelsfrei verstehen zu können wie der Soziologe bestimmte Bereiche im Kontext der Kreativität definiert, sollte man zunächst die von Csikszentmihalyi benannten Begriffe "Domäne" und "Feld", sowie die wichtige Rolle des Indiviuums, näher betrachten. Der Soziologie beschreibt diese bei der Betrachtung von Kreativität. Seine Fragestellung richtet sich nach deren Erscheinungsort und darauf antwortende Äußerung präsentiert sich folgendermaßen:

¹ Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 17ff.

² vgl. Mihaly Csikszentmihaly 2001, S. 14ff.

"Die plausibelste Antwort lautet, daß Kreativität nur in den Wechselbeziehungen eines Systems wahrnehmbar ist, das sich aus drei Hauptelementen zusammensetzt. Die erste Komponente dieses Systems ist die Domäne, die aus einer Reihe von symbolischen Regeln und Verfahrensweisen besteht. Eine solche Domäne ist zum Beispiel die Mathematik, die man weiter in die Domänen der Algebra oder Zahlentheorie unterteilen könnte. Die Domänen sind wiederum in dem verankert, was wir gemeinhin als Kultur bezeichnen, in dem symbolischem Wissen, das von einer bestimmten Gesellschaft oder der gesamten Menschheit geteilt wird. Die zweite Komponente der Kreativität ist das Feld, dazu gehören alle Personen, die den Zugang zur Domäne überwachen. Sie treffen die Entscheidung, ob eine neue Idee oder ein neues Produkt in die Domäne aufgenommen werden soll. In den bildenden Künsten besteht das Feld aus Kunstlehrern, Museumskuratoren, Kunstsammlern, Kritikern sowie Mitarbeitern von Stiftungen und Behörden, die sich mit kulturellen Fragen befassen. Das Feld entscheidet, welche neuen Kunstwerke es wert sind, anerkannt, erhalten und erinnert zu werden. Die dritte

Komponente des kreativen Systems ist schließlich das Individuum. Kreativität findet statt, wenn ein Mensch, der mit den Symbolen einer bestehenden Domäne wie Musik, Technik, Wirtschaft oder Mathematik arbeitet, eine neue Idee oder ein neues Muster entwickelt, und wenn diese Neuentwicklung von dem entsprechendem Feld ausgewählt und in die relevante Domäne aufgenommen wird. Die Neuheit wird zu einem festen Bestandteil der Domäne, und die nächste - kreative - Generation wird sie verändern und weiterentwickeln."

Wie in diesem Text angesprochen, stammt Kreativität demnach aus einer speziellen Verbindung, der vorgestellten Begrifflichkeiten:

"So gesehen entsteht Kreativität aus der Interaktion dreier Elemente, die gemeinsam ein System bilden: einer Kultur, die symbolische Regeln umfaßt, einer Einzelperson, die etwas Neues in diese symbolische Domäne einbringt, und einem Feld von Experten, die diese Innovation anerkennen

Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 47ff.

und bestätigen. Alle drei Elemente sind notwendig, damit es zu einer kreativen Idee, Arbeit oder Entdeckung kommen kann."

Der Autor betont dabei die Rolle der beiden Faktoren Kreativität und Kultur, die sich gegenseitig in verschiedener Weise bedingen, und unabhängig voneinander auch nicht funktionsfähig sind.

Wenn man das eben Angeführte wieder auf die beiden Erscheinungsformen der Evolution zurückführt, sind bestimmte Verbindungen auffällig. Auch in der obigen Definition der Entstehung von Kreativiät wird wieder der Zusammenhang von kultureller und biologischer Evolution deutlich. Angewandt auf chaotheoretische und biologische Ansätze könnte so die Kultur für die Umwelt eines Organismus stehen, die aktive Einzelperson steht für veränderte genetische Information und das Feld der Experten zeigt hier eine enge Verbindung zum Verhalten der selektiven Stabilisierung. Wie auch Csikszentmihaly betont, dass nur das Zusammenwirken der

drei Faktoren die Kreativität ermöglicht, ist in der biologischen Evolution die Veränderung abhängig von der Kombination der Anfangs- und Randbedingungen, veränderter Genetik und auswählender Selektion. Der Soziologe fasst den Begriff der Kreativität und die benötigten Bedingungen prägnant zusammen:

Kreativität ist jede Handlung, Idee oder Sache, die eine bestehende Domäne verändert oder eine bestehende Domäne in eine neue verwandelt. Und ein kreativer Mensch ist eine Person, deren Denken und Handeln eine Domäne verändert oder eine neue Domäne begründet. Dabei darf man aber nicht vergessen, daß eine Domäne nur durch die explizite oder implizite Zustimmung des dafür verantwortlichen Feldes verändert werden kann.²

¹ Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 17

² Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 48ff.

3.2 Dimensionen der Existenzsicherung3.2.1 Entwicklung des Menschen und der Wert der Kultur

Das äußere Erscheinungsbild der Erde und ihre Einflüsse befinden sich ständig im Umbruch, daher ist es nur natürlich, dass sich der Mensch mit ihr verändert. Ohne diese Veränderung wäre die menschliche Spezies langfristig dem Untergang geweiht. Die verändernden Prozesse sind auf das Merkmal der Kreativität zurückzuführen und somit der prägende Faktor unserer Welt. Dieses Merkmal ist auch für die weitere Existenz des Menschen und seine große Bedeutung in der Welt, zwingend erforderlich.

Ohne Kreativität würde allein die genetischen Informationen unsere Gestalt definieren, jede Entwicklung wäre durch das Fehlen eines Identitätsbildners vereitelt. Der Lernprozess der Natur, der als Vorraussetzung für Entwicklungen gilt, würde verlorengehen. Weder der Gewinn von Erkenntnissen, noch deren Erhalt wäre möglich. Unsere Existenz wäre mechanisiert, persönliche Merkmale damit fast ausgeschlossen. Dass wir aber heute in einer Welt

leben, die von dieser Tristesse weit entfernt ist, verdanken wir der Kreativität. Zur Erhaltung der menschlichen Rasse war es nötig Bekanntes zu verändern, Neues zu entwickeln und zu festigen und die kreativen Erkenntnisse letztendlich auch weiterzugeben. Die Kreativität ist auch in der Zukunft notwendig, wenn wir uns weiterhin gegen verschiedene Umweltbedingungen behaupten oder einen Lebenssinn finden wollen. Auch der Wille, Probleme zu lösen und Entwicklungen zu fördern, ist ein Produkt der menschlichen Kreativität.

Die Meme, die gegenwärtig für unseren menschlichen Stand stehen, entscheiden über jede weitere Entwicklung. In Kombination mit der DNA ergibt sich das Bild der Zukunft des Menschen. Diese ist nicht mehr nur abhängig von äußeren Faktoren, sondern auch von unseren persönlichen Entscheidungen. Die weitergegebenen Meme können in vielen Bereichen über eine positive oder auch negative Zukunft entscheiden. Die von uns geschaffene Kultur ist demnach der Bestimmungsfaktor der Welt, in der wir leben. Die biokulturelle - oder auch metabiologische Evolution, benennt dieses Phänomen, wonach unsere sozialen und kulturellen Wahlen,

ebenso wichtig wie die Weitergabe der genetischen Information das Bild der menschlichen Entwicklung formen. Entscheidende Etappen der Menschheit werden von kulturellen Schöpfungen wie Religionen, Politik oder von den Künsten definiert, und zeigen wie stark unsere Geschichte auf der kulturelle Evolution basiert.

Die Kreativität hat zudem in ihrer Vergangenheit eine kontroverse Eigenschaft erkennen lassen. So löst jede Veränderung durch einen kreativen Prozess eine weitreichende Problematik für die Zukunft der Menschheitsgeschichte aus. Die kreativen Lösungen von Problemen, die wir meist nach intensiver Beschäftigung mit ihnen hervorbringen, erweisen sich als die Probleme von morgen. Große Risikofaktoren für die Stabilität des menschlichen Daseins, wie beispielhaft die Übervölkerungsproblematik, führt Csikszentmihalyi auf vergangene Entwicklungen wie in der Medizin und der Agrarwirtschaft zurück, sozusagen auf Probleme der Vergangenheit. Der Mensch bedingt seine eigene Entwicklung und die seiner Umwelt also durch seine persönliche Kreativität entscheidend mit. Csikszentmihalyi führt auch das Stichwort des "Geschenk des Axtbringers" an, das Robert Ornstein als Synonym für vom

Menschen entdeckte Neuheiten eingesetzt hat. Diese Wortsymbiose verdeutlicht nochmals, wie zweischneidig jede Entwicklung ist und knüpft an eine Legende an, die von der ersten Einführung einer Metallaxt in ein ursprüngliches Volk ohne diese Art von Werkzeugen berichtet.

Die Axt hat einerseits positiv auf das gesellschaftliche Leben eingewirkt, da der lebensnotwendige Prozess des Tötens von Nutztieren oder der Baumfällung nun einfacher zu bewerkstelligen war, andererseits wird gerade durch diese Eigenschaften das soziale Gefüge mit ihren bestehenden kulturellen Normen angegriffen und stark negativ beeinflusst. Hier steht das Präsent der Axt für jede neue Errungenschaft des Menschen, also für ein neues Mem, das nach seiner Entstehung sowohl positiv als auch negativ auf die Gesellschaft einwirkt und das Leben damit unwiderruflich verändert.

Diese Regelhaftigkeit entspricht auch einem grundlegendem Gesetz, das besagt, dass entsprechend der Macht auch das Risiko und die Wahrscheinlichkeit steigt, die Umwelt nachhaltig positiv wie auch negativ zu verändern. Diese Veränderungungen schaukeln sich so zu entsprechenden Folgen auf. Ein Beispiel hierfür ist die mächtige Maya - Kultur, die 800 vor Christus aus ungeklärter Ursache plötzlich am eigenen Erfolg ausgestorben zu sein scheint. Unterschiedliche Theorien besagen Gründe für dieses plötzliche Ende, eine davon schreibt sie auch der großen Macht vieler Familien zu. Nach jener Theorie wurde durch die unverhältnismäßige Einflussverteilung, auf viele Reichen und zu wenige Arme, Bürgerkriege ausgelöst. In den verschiedenen Theorien oder auch in vergleichbaren Ereignissen in der Geschichte läuft aber eine Verkettung von unterschiedlichen Zuständen oftmals auf chaotische Verhältnisse hinaus. Diese chaotischen Verhältnisse können das Ende einer Ära markieren und demonstrieren, wie eng der Zusammenhang von Schöpfungskraft und Zerstörungskraft ist. Auffällig ist, dass man die Entwicklung von anfänglich positiven Erscheinungen hin zu extrem negativen Auffälligkeiten auch bei menschlichen Ideologien erkennen kann.

Persönliche Einflüsse, gebündelt durch einfache Strukturen und Ziele, erscheinen zunächst oft positiv und machtvoll. Beispiele hierfür sind der Nationalsozialismus oder religiöse Fundamentalisten. Zunächst erschien auch die späteren Schreckensherrschaft von

Adolf Hitler positiv, hier ist zum Beispiel die Arbeitslosenbekämpfung anzuführen, später allerdings ließen negative Erscheinungen wie Kriege, Leid und Unterdrückung die ursprünglichen Aspekte absolut belanglos erscheinen.

Die Rolle der Kreativität bei der Menschheitsentwicklung ist demnach extrem groß und schwer in ihren Ausmaßen zu beurteilen. Auch Errungenschaften, die zunächst keinen sichtbaren Schaden anrichten, können später in ihrer Leistung den Untergang der bestehenden Kultur bedeuten und beinhalten somit immer eine Kehrseite. Csikszentmihalyi formuliert diese Auffälligkeit folgendermaßen:¹

"Die ganze Geschichte hindurch zeigt sich also ein paradoxer Prozeß, der Hegel oder Marx gefallen hätte: eine Dialektik, durch die der Erfolg einer Kultur aus sich selbst heraus seine eigene Antithese entwickelt. Je besser es uns geht, desto weniger Grund haben wir, nach Veränderung zu streben,

l vgl. Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 451ff.

und desto anfälliger werden wir für äußere Kräfte. Das Ergebnis der Kreativität ist häufig ihre eigene Negation." 1

Diese aufgeführten Merkmalen bei der Menschheitsentwicklung im Sinne von Csikszentmihalyi, zeigen auffällig oft Parallelen zu Beobachtungen der Chaostheorie.

Schon im einführenden Teil seiner Entwicklungsanalyse nennt der Soziologe die Erkenntniss, dass unsere Existenz mechanisiert wäre und auch persönliche Merkmale fast ausgeschlossen werden könnten, wenn unsere Entstehung ausschließlich auf der menschlichen DNA beruhen würde. Csikszentmihalyi bezeichnet die Kreativität als den entscheidenden Faktor, der diese Tristheit verhindert. Auch bei den Untersuchungen aus der Chaos - Forschung sind die Wissenschaftler zu dem Punkt gekommen, dass den Menschen mehr als seine genetische Information ausmacht. Hier werden Anfangsund Randbedingungen, Zufall bei der Ausprägung der maximalen

Die von dem amerikanischem Autor aufgeführte biokulturelle oder auch metabiologische Evolution ist vergleichbar mit dem Einfluss der Anfangs- und Randbedingungen auf Systeme. Meme bestimmen, genauso wie Anfangs- und Randbedingungen die Entwicklung von Systemen und machen gleichzeitig ein Berechnen von zukünftigen Ausprägungsformen unmöglich. Bei der Chaos

Vielfalt, das Spiel zwischen Willkür und Zielgerichtetheit und die Tendenz zur Komplexität angesprochen - allesamt Punkte, die mit dem großen Bereich der Kreativität eng verbunden sind. Eine weitere Auffälligkeit ist, dass chaotische Systeme die Besonderheit zeigen, dass sie zwischen Gleichgewicht und Ungleichgewicht schwanken und ihr Überleben durch eine permanente Anpassung an die jeweils gültigen Umweltbedingungen sichern. Auch nach Csikszentmihalyi zeugen Faktoren wie das "Geschenk des Axtbringers" von Entwicklungen die immer verschiedene Aspekte beinhalten. Entwicklungen lassen sich dadurch nicht einschätzen und können später eine umgekehrtes Verhalten aufweisen. Die Entwicklungen wechseln von Stabilität zu chaotischen Zuständen, genauso wie auch es auch die Chaos - Forschung beschreibt.

Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 456ff.

- Forschung präsentieren diese Eigenschaften die chaotischen Systeme, die sich gegenseitig beeinflussen und hoch komplexe Prozesse ergeben.¹ Der durch Lorenz entdeckte Schmetterlingeffekt zeugt von exponentiell wachsenden Unterschieden bei der Entwicklung von Systemen, die durch Rückkoppelungen beeinflusst werden und belegt, dass eine Berechnung von diesen Systemen unmöglich ist.² All diese Auffälligkeiten tauchen auch bei den Beobachtungen von Csikszentmihalyi auf, werden aber in einer anderen Sprache beschrieben. Auch der Lernprozess wird von dem Soziologen angesprochen und als notwendig erklärt. Selbstorganisation dagegen ist genau jener Bereich, der ebenfalls von Lernprozessen - allerdings in der Chaos - Forschung berichtet. Lernprozesse verhindern Starrheit bei der Entwicklung von Systemen und somit auch den Tod jeden Lebens.³ Die Ansicht von Csikszentmihalvi wird von der Chaos - Theorie in dieser Hinsicht vollkommen untermauert und ergänzt sich zweifelsfrei äußerst gut.

Wie schon im obigen Kapitel "Entwicklung des Menschen und Wert der Kultur" aufgegriffen, hat der Mensch einen immensen Einfluss auf seinen eigenen Entwicklungsverlauf. Nicht nur in der Vergangenheit, sondern auch in der Gegenwart und in der Zukunft wird er stark auf sein Schicksal mit einwirken. Biokulturelle - oder auch metabiologische Evolution ist der Name des Phänomens, das beschreibt wie sich unsere Entwicklung aus genetischer Information und aber auch unseren sozialen und kulturellen Wahlen zusammensetzt.

Unsere Zukunft ist auch abhängig von den gewählten Memen und persönlichen Entscheidungen, die sich mit Anfangs - und Randbedingungen vergleichen lassen. Dabei ist wichtig, dass man versteht, dass nicht nur unsere Existenz, sondern auch die vieler anderer Lebewesen auf der Welt, von unseren Entscheidungen und

^{3.2.2} Einfluss der persönlichen Entscheidungskraft

l vgl. Günter Haaf 1990, S. 106ff.

² vgl. Stefan Greschik 1998, S. 9ff.

³ vgl. Franz Mechsner 1990, s. 118ff.

Memen abhängt.¹ Die Entwicklungen auf der Erde haben in der Vergangenheit Entscheidungen abverlangt, die einen evolutionären Vorteil und somit das menschliche Überleben sichern konnten. Diese Entscheidungen sind vergleichbar mit dem Selektionsdruck bei chaotischen Systemen.

Auch bei chaotischen Vorgängen werden kreative Entwicklungen gefordert, um bestmögliche Vorraussetzungen für die Evolution zu erlangen. Die Entscheidungen für besonderst gut an die Umweltbedingungen angepasste Entwicklungen sind bahnbrechend für die Geschichte der Menschheit.² Die Beweggründe, die einen evolutionären Vorteil und somit das menschliche Überleben sichern konnten, spielen noch immer eine gewisse Rolle, jedoch hat sich der Mensch so weit entwickelt, dass sich in der Art des Umgangs mit Bedingungen einiges verändert hat. Während man sich früher durch körperliche Überlegenheit oder geschickten handwerklichen Umgang profiliert hat, versucht man heute eher in komplexen

kulturellen Domänen seine Stärke zu zeigen. Die jeweiligen Domänen bestimmen hier die notwendigen Fähigkeiten für den Erfolg, der dann mit Merkmalen wie Reichtum, Erfolg oder Macht bestätigt wird. Jedoch kann heute auch schon die persönliche Beschäftigung mit einer Domäne dem eigentlichen Lohn entsprechen. Die persönliche Erfüllung bei einer bestimmten Tätigkeit ist nicht mit materieller Belohnung gleichzusetzen. Einzig und allein die Freude an der Arbeit um ihrer selbst belohnt in diesem Fall den kreativen Menschen, Obwohl die meisten Kreativen diese intrinsischen Belohnungen für einen äußerst wichtigen Antrieb bei ihrer Arbeit halten, wird diese immaterielle Erfahrung bei der Wissensweitergabe normalerweise nicht vermittelt. Hier steht in der Regel nur die Arbeit, mit den ihr verbundenen Anstrengungen im Vordergrund. Bei einer besseren Vermittlung der Freude, die bei dem Umgang der jeweiligen Disziplin beteiligt ist könnte, so Csikszentmihalyi, die Anzahl der kreativen Beiträge einer Domäne deutlich gesteigert werden.³ Die Entscheidung sich mit einem bestimmten kreativen

¹ vgl. Mihaly Csikszentmihaly 2001, S. 451ff.

² vgl. Günter Haaf 1990, S. 110ff.

³ vgl. Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 485ff.

Prozess intensiv auseinanderzusetzen, verlangt Mut, wenn man sich mit ihr durchsetzen will, sind auch Talent, Training und Glück gefragt. Die Bereicherung seines persönlichen Lebens steht jedem frei und nach Csikszentmihalyi ist die Aufbringung der nötigen Energie für diesen Akt potentiell auch jedem Menschen möglich. Auch wenn das Leben eines kreativen Menschen eben mehr Energie benötigt als ein routiniertes Dasein, betont der Psychologe die hohe Wertigkeit der Kreativität für den Einzelnen.¹

3.3 Kriterien des kulturellen Zukunftsmodells

Csikszentmihalyi formuliert zwei verschiedene Faktoren, die seiner Meinung nach zwingend notwendige Vorraussetzungen für eine hohe zukünftige Kulturqualität darstellen. Die Erhöhung der Produktion von kreativen Neuheiten bildet hierbei die Basis für die anschließende Kontrolle dieser.²

3.3.1 Steigerung der Kreativität

Schon die Chaostheorie beschäftigte sich mit der bewussten Steuerung von Systemen. Verschiedenen Untersuchungen nach ist dieses Eingreifen möglich. Besonderst, wenn es sich um hochgradig chaotische Systeme handelt, sind sie einfach zu beeinflussen. Deren Merkmale und Randbedingungen müssen allerdings vor dem Eingriff genau bekannt sein. Die chaotischen Systeme können dann durch eine Vielzahl von kleinen Störungen oder Einflüsse auf wichtige Parameter, beeinflusst werden. Die anschließende Beobachtung und Kontrolle von den Ausmaßen der Steuerung ist äußerst wichtig. Man sollte sich bei einem solchen Eingreifen auch über die weitreichenden und oft unkontrollierbaren Folgen im Klaren sein und mit dementsprechender Vorsicht an die bewusste Steuerung herantreten.³ Auch Csikszentmihalyi kritisiert die Steigerung und uneingeschränkter Befürwortung der Kreativität. Er plädiert für einen gesunden Mittelweg, der weder eine unkritische

¹ vgl. Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 488ff.

² vgl. Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 458ff.

³ vgl. Karlhorst Klotz 1990, S. 146ff.

Betrachtung noch eine generelle Ablehnung beinhaltet. Für ihn ist jede neue Entwicklung in der Menschheitsgeschichte in seinen Auswirkungen genau zu beobachten.¹

Auf diesen Entwürfen basiert auch sein Idealmodell der kulturellen Zukunft, das der Autor in seinem Buch "Kreativität" vorstellt. Dieses beinhaltet sowohl die Steigerung als auch die Kontrolle der Kreativitität. Bei der Thematik um die Steigerung der Kreativität betont Mihaly Csikszentmihalyi die große Bedeutung der Kreativität für die Evolution und die Ausprägung von Macht. Er formuliert dies in folgenden Worten:

"Seit Millionen von Jahren ist die Evolution blind vorrausgeschritten, gesteuert von willkürlichen Selektionskräften. Wir sind ein Zufallsprodukt. Inzwischen ist der Mensch jedoch selbst zu einer der mächtigsten und daher gefährlichsten Kräfte geworden, die auf diesem Planeten am Werk sind. Wenn wir wollen, daß die Evolution sich auf eine

Weise fortsetzt, die unseren Interessen entgegenkommt, müssen wir daher Mittel und Wege finden, um sie zu steuern. Dazu gehört, daß wir Kontrollmechanismen für neue Meme entwickeln, damit wir diejenigen ausschließen können, die auf lange Sicht wahrscheinlich schädlich sind, und damit wir Alternativen fördern können, die vielversprechend erscheinen. Aber bevor der Ausleseprozeß beginnen kann, müssen Neuheiten erzeugt werden. Mit anderen Worten, es muß neue Ideen geben, aus denen man auswählen kann. Damit kommen wir zur [...] Frage: Wie steigert man die Zahl neuer Ideen, die es wert sind, von der Kultur übernommen zu werden?"

Der Autor führt als Antwort auf diese Frage eine Verbindung von drei Faktoren an, die die kreative Einzelperson, das Feld und die Domäne beinhalten. Zunächst wird von Csikszentmihalyi die Rolle des Individuums für die Steigerung der Kreativität angeführt. Dem Soziologen nach zieht Kreativität bei Personen bestimmte

¹ vgl. Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 457ff.

² Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 464

gegenläufige Merkmale mit sich: Neugier und Offenheit sind auf der einen Seite stark vorhanden, gleichzeitig zeichnet diese Persönlichkeiten aber eine extreme Ausdauer und eine unermüdliche Intensität aus. Genau diese Eigenschaften ermöglichen es oft, neuartige Gedanken hervorzubringen und diese dann auch behaupten zu können. Zusammenfassend ergibt sich, dass um die Produktion von kreativen Ideen zu steigern, auch die Anzahl der Personen mit besagten Eigenschaften zu erhöhen ist.

Diese Erhöhung gestaltet sich in der Umsetzung allerdings problematisch. Ein Aspekt dabei ist, dass noch nicht ausreichend geklärt ist, inwieweit die Kreativität mit der genetischen Ausstattung in Verbindung steht. Es ist wissenschaftlich zumindest denkbar, dass die Verbindung von verschiedenen Genen uns zu bestimmten Charaktereigenschaften wie Offenheit oder Neugier tendieren lässt. Dagegen wird der Denkansatz häufig unterstütz, dass die Bildung von Identität durch die frühzeitigen Umwelteinflüsse bedingt ist. Auch Erkennnisse im Bereich der Chaos - Forschung befürworten diese These.

Hier stehen die "Anfangs - und Randbedingungen" als Identitätsbildner.¹ Auch in dieser Wissenschaft wird betont, dass einen Organismus nicht nur seine genetische Information ausmacht. Die Umstände, unter denen sich ein Organismus zu seiner späteren Form entwickelt, sind immer extrem prägend. Anfangsbedingungen bestimmen über die Entstehung des Neuen in seiner Gesamtheit. Die Randbedingungen dagegen werden permanent von dem entstehendem System, sowie seiner weiteren Umgebung verändert, wobei sie seine Geschichte protokollieren und das System ihrerseits prägen.

Unterschiedliche Bedingungen erzeugen so unterschiedliche Systeme und Organismen wie z. B. den Menschen. Chaotische Prozesse entscheiden also über die jeweilige Form des Lebens und ermöglichen gleichzeitig Identität und Individualität.² Es zeigt sich eine interessante Auffälligkeit der Merkmale, die Csikszentmihalyi für kreative Persönlichkeiten eingeführt hat:

siehe Kapitel 2.1

² vgl. Günter Haaf, 1990 S. 106ff.

Beide bilden sich bei scheinbar in Widerspruch stehenden Kindheitserfahrungen. Bei einer dominierenden Positivität und Unterstützung in der Familie, die gute Bildungsmöglichkeiten anbietet, werden die Persönlichkeitsmerkmale der Neugier, Offenheit und des starkes Interesses verstärkt herausgebildet.

Im Gegensatz dazu, findet man oft bei Personen, die in ihrer Kindheit vermehrt Schwierigkeiten, emotionalen und sozialen Unsicherheiten oder Einsamkeit ausgesetzt waren, später ein sehr ausdauerndes Verhalten. Es ist durchaus möglich, dass man eine dieser beiden Erfahrungshintergründe mit sich bringt, eher unwahrscheinlich ist jedoch der Kontakt sowohl mit dem einen wie auch mit dem anderen. Die ist ein interessanter Aspekt, denn kreative Persönlichkeiten haben oftmals in auffälligem Maße extrem Positives und Negatives in ihrer Kindheit erfahren. Dabei ist jedoch zu betonen, dass dieser Erfahrungshintergrund nicht zwangsläufig zu der Entwicklung von besonders kreativen Persönlichkeitsmerkmalen führt. Eine leichte Verbindung zwischen Kindheitserfahrung und Kreativität kann aber zumindest hergestellt werden. Als logische Konsequenz ist festzuhalten, dass durch ein

breites Erfahrungsspektrum in der Kindheit die Kreativität gefördert werden kann. Je komplexer sich eine Persönlichkeit möglichst früh durch verschiedenste Erfahrungen entwickelt, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich auch die Kreativität positiv entwickeln kann.¹

Chaostheoretisch findet man interessanterweise ebenfalls eine Tendenz zur Komplexität. Das Leben an sich dokumentiert oftmals, dass Systeme zur höheren Komplexität streben. Diese Veränderung ermöglicht ein bestmöglichstes Anpassungsverhalten an die Umwelt. Einer Schlussfolgerung aus dem kompliziertem Bereich der Komplexität nach, ist diese für eine der entscheidensten Schritte des Lebens verantwortlich: Die Komplexität ermöglicht Neues, also Kreatives.² Letztendlich ist diese Tendenz für das Leben verantwortlich. Um zurück auf die Ausführungen des amerikanischen Soziologen Mihaly Csikszentmihalyi zu kommen, ist nochmals eine Anmerkung zum Thema Kreativitätssteigerung durch frühkindliche

vgl. Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 464ff.

² vgl. Günter Haaf 1990, S. 107ff.

Erfahrungen anzuführen. Bei der Beschäftigung mit einer Domäne ist offenbar nicht entscheidend, in welchen Bereichen man Erfahrungen sammelt, sondern hauptsächlich das Lernen einer intensiven Auseinandersetzung und deren erfolgsbestätigenden Erkenntnisse.¹

Außer der Förderung im Bereich der persönlichen Kreativität gibt es weitere Faktoren, die eine Erhöhung des evolutionären Merkmals begünstigen. Auch das jeweilige Feld hat einen starken Anteil daran, inwieweit der Kreativitätsindex die Möglichkeit zu steigen bekommt. Nur durch bestimmte Vorraussetzungen im Spiel von Raum und Zeit ist es kreativen Persönlichkeiten möglich, Erfolg zu haben. Das jeweilige Feld muss, um diese Persönlichkeiten fördern zu können, die Vorraussetzungen für die Produktion von Kreativem erfüllen. Mihaly Csikszentmihaly formuliert in diesem Zusammenhang sieben verschiedene Merkmale. Die soziale Umgebung kann so durch Ausbildung, Erwartungen, Ressourcen, Anerkennung,

Hoffnung, Gelegenheit und Belohnung an der Kreativität entscheidend mitwirken. Der Psychologe formuliert dazu weiterhin:²

"Einige dieser Elemente liegen in der direkten Verantwortung des Feldes, andere hängen vom größeren Gesellschaftssystem ab. Wenn unsere These zutrifft, dann läßt sich die Kreativität erheblich steigern, wenn die Gesellschaft diese Möglichkeiten in verstärktem Maße zu Verfügung stellt."³

All diese Elemente wirken also in die Entstehung von Kreativität positiv hinein, und können vom Feld beeinflusst werden. Durch einen entsprechenden Focus kann ein Feld seine Merkmale in die dementsprechende Richtung ausbauen und profitiert davon auch selbst. Eine einfache Erhöhung der Feinfühligkeit und der Förderung von kreativen Persönlichkeiten kann eine Vielzahl von neuen

¹ vgl. Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 464ff.

² vgl. Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 469ff.

³ Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 470

Ideen ermöglichen, die auch der Allgemeinheit nützen.¹
Jedoch kann auch jede Domäne an der Steigerung der Kreativität entscheidend beteiligt sein. Ein umfassendes Verständnis für diesen komplexen Bereich zu entwickeln ist jedoch schwieriger als einen Einblick in das Feld zu erhalten, da hier eine ungeheure Anzahl an Informationen zusammenfließen. Csikszentmihalyi erklärt die Möglichkeit an Informationen zu gelangen als, ein von der Domäne beeinflussbares Phänomen. Informationen sind die Vorraussetzung für Bildung und Kreativität. Seit der Einführung des Buchdruckes und der Bereitschaft, nicht nur wie jeher, in der meist nur den Reichen vorbehaltenen Sprache Latein Wissen zu verbreiten, hat sich die wissenschaftliche Kreativität in Europa merklich gestiegen.

Die deutlich verbesserten Vorraussetzungen für die Gesellschaft, an Informationen zu gelangen, hat sich in vielfältigen Erkenntnissen der Wissenschaft manifestiert. Generell sind Wissen und Informationen fast immer mit Vorteilen verbunden, die sich positiv auf den Lebenstandart auswirken. Auch heute profitieren verschiedene Felder von internem Wissen, wie ein spezifischer Fachjargon, der für Außenstehende nicht verständlich ist. Solche Spezialisierungen fördern zwar Faktoren wie die Geschwindigkeit der internen Kommunikation, isolieren jedoch die Domäne vom Großteil der Außenwelt ab.

Da Kreativität jedoch meist die Verbindung von unterschiedlichen Disziplinen darstellt, ist dieses Phänomen, unter dem Aspekt der Kreativität betrachtet, äußerst kontraproduktiv. Der von der Domäne ermöglichte bessere Zugang zu Informationen ist also ein wesentlicher Aspekt, der die Kreativität steigern kann.²

¹ vgl. Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 478

² vgl. Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 478ff.

3.3.2 Die Organisation des Wissens

Es gibt bereits verschiedene öffentliche Instanzen, die die Qualität und Quantität der Kulturproduktion überprüfen, jedoch ist keine von ihnen unabhängig und frei von internen Interessen. Es ist also notwendig, dass ein Feld von Spezialisten ohne weitere Beeinflussung sich dieser Kontrolle annimmt.

Normalerweise ist jedes Feld zunächst daran interessiert, seine eigene Domäne zu unterstützen und verliert dabei oft die Gesamtheit des kulturellen Interesses aus dem Blick. Die Unterstützung ist demnach interessengerichtet und hat dabei das Ziel, möglichst viele gesellschaftliche Möglichkeiten zu dominieren. Diese Machtverteilung begünstigt dann allerdings nur einseitig ein bestimmtes Feld und nur eine Minderheit im weitergreifendem Interesse der Menschheit. Chancen seinen Einfluss auf bestimmte kulturelle Bereiche auszudehnen, nimmt fast jedes Feld an, selbst wenn es im Grunde nicht notwendig wäre oder wenn diese Ausbreitung zunächst keinen ersichtlichen Vorteil bringen würde. Die weitreichenden Folgen dieses Einflusses sind aber nicht absehbar oder werden

der neuen Chance untergeordnet. Beiträge unter dem Aspekt des Allgemeinwohles zu beurteilen und nicht nach Aspekten, die nur für ein bestimmtes Feld von Vorteil sind, ist äußerst schwierig. Nach Csikszentmihalyi tut sich das Feld aus der Überzeugung schwer, seine Eigenständigkeit sei entscheidend für die Welt und lässt somit gültige Urteile nur innerhalb der eigenen Domäne unter eigenen Maßstäben zu. Problematischerweise werden in der Regel neue Entwicklungen der Kreativität vom eigenen Feld beurteilt und nicht danach, wie positiv sie sich auf lange Sicht auf die Gesellschaft auswirken.

Auch der Markt ist nicht die ideale Instanz, um neue Entwicklungen zum Wohl der Allgemeinheit beurteilen zu lassen. Der Begriff der "freien Marktwirtschaft" trügt hier allerdings. Hinter dem vertrauenserweckendem Titel stecken immer private Interessen von Reichen oder Mächtigen. Auch sind die Interessengebiete und Entscheidungen dieser gewichtigen Wirtschaftsbewegung auf den Nutzen in der Gegenwart ausgerichtet und die weitreichenden Folgen werden diesem meist untergeordnet. Aus diesen Gründen wäre ein Vertrauen in den Markt oder das Feld keine

fürs Allgemeinwohl ideale Lösung. Nachdem eine Erhöhung der Kreativität gelungen ist, ist eine Beurteilung der Entwicklung aber zwingend notwendig.

In der Natur übernimmt, nach der Ausprägung der maximalen Vielfalt durch die Entwicklung von kreativen Genmutationen, ebenfalls eine Art Kontrollinstanz die Beurteilung des Neuen. Auch in chaotischen Systemen werden permanent neue Entwicklungen vorangetrieben. Der hier ebenfalls zufällig verlaufend Prozess der Maximierung der Quantität eines organismuseigenen Elementes wird durch die Selektion anschließend wieder kontrolliert und deziminiert. Nur durch diese Kontrolle ist es möglich, das lebenserhaltende Gleichgewicht des betroffenen Organismus zu erreichen. Ohne diese Kontrolle und somit ohne Stabilität kann ein Organismus letztendlich nicht überleben. Im Zukunftsmodell der Kultur von Csikszentmihalyi ist dies durch eine Methode durchführbar, die der Wissenschaftler "evolutionäre Wirkungsanalyse" nennt. Diese

hat den positiven Effekt, dass Kreative in ihrer Arbeit unterstützt werden und die Ergebnisse zugleich auf das Interesse der übrigen Gesellschaft geprüft werden. Die evolutionäre Wirkungsanalyse müsste von einem Feld von Experten einsetzen, die nicht als Mitglieder des zu bewertenden Feldes gelten, sondern rein im Interesse der weiteren Entwicklung der Evolution handeln. Die Entscheidung über die Unterstützung von bestimmten Bereichen würde wohl aus einer Gruppe von Personen mit unterschiedlichsten Hintergründen gefällt werden. Da Erfahrung und Wissen meist mit dem Alter einhergehen, sieht Csikszentmihalyi ältere Personen mit einer größeren Anzahl in dieser Gruppe vertreten als Jüngere. Durch den Einsatz einer solchen Kontrollinstanz würden die als positiv bewerteten kreativen Neuheiten auch von der Gesellschaft leichter akzeptiert und angenommen.²

Natürlich ist die Anerkennung einer Neuheit von verschiedenen weiteren Faktoren abhängig. Neben der Akzeptanz der Instanz der evolutionären Wirkungsanalyse ist die Domäne selbst

¹ vgl. Günter Haaf 1990, S. 108ff.

² vgl. Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 458ff.

entscheidend. Der Aufbau jeder Domäne ist in ihren Memen und Strukturen gänzlich unterschiedlich. Hierbei gilt, dass je enger die internen Regeln zur Bewertung von Neuheiten sind, desto leichter fällt oft die Wahl über ihren Wert. Logische und klar nach ihrer Korrektheit beurteilbare Sachverhalte, wie man sie aus der Mathematik kennt, sind demnach sehr viel leichter zu beurteilen als künstlerische Arbeiten, die oft auf persönlichen Empfindungen, und absoluter Subjektivität beruhen.

Die Quantität von aus einer Domäne hervorgebrachten Neuheiten, schwankt in ihrer Geschichte stark und gut beobachtbar. Hier gilt die Regel, dass zu lösende Probleme in der Domäne eine Person benötigen, die fähig ist mit diesen umzugehen. Diese Verbundenheit eines Problems mit einer Person erklärt, so Csikszentmihalyi, weshalb herausragende Erkenntnisse einer Person häufig auf ein bestimmtes Gebiet begrenzt sind, und nicht als Startereignisse einer Masse von weiteren Erkenntnissen dieser Person bekannt ist. Kreative Persönlichkeiten sind meist für eine oder wenige revolutionierend Ideen bekannt, und entsprechen nur in den seltensten

Fällen der Rolle eines Universalgenies. ¹ Auch in der Natur ist erkennbar, dass nachhaltige Veränderungen von Systemen, wie sie im Lauf der Evolution zu beobachten waren, auf bestimmte Bereiche reduziert sind und nicht in sämtlichen Bereichen zu finden sind. So hat D'Arcy Thompson Grundformen für Tiergattungen oder Pflanzen gefunden, die jedoch hauptsächlich innerhalb ihrer Art variierten. Eine Übertragung dieser Formen auf gänzlich andere Phänomene war äußerst selten. Thompson erkannte schon damals, dass die Natur höchst effizient Ressourcen nutzt, indem sie mathematische Systeme aufbaut. Dadurch, dass die natürlichen Systeme die mathematischen Naturprinzipien innerhalb ihrer Gattung anwenden, können sie perfekte Naturprinzipien für die akuten äußeren Umstände entwickeln.²

Domänen verhalten sich, nach Csikszentmihalyi, nicht statisch und werden, abhängig von dominierenden Denkansätzen, ihrer materiellen Ausstattung oder eines neuen Maßstabs bei der Wertung

vgl. Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 482ff.

² vgl. Günter Haaf 1990, S. 113ff.

von Techniken, in ihrer Geschichte von jeweils unterschiedlichsten Faktoren dominiert. Wenn bestimmte Neuheiten als positiv bewertet werden, wird die Domäne, durch ihre Übernahme, nachhaltig verändert und geprägt.¹

Auch in der biologischen Selektion wird, nach der Ausprägung der maximalen Vielfalt eine Auswahl an optimalen Genen getroffen. Diese Gene entsprechen den Anforderungen der Umwelt und sind perfekt an diese angepasst. In der Chaos - Forschung betrachtet man die Selektion als ein für das Überleben verantwortliche Element der dynamischen Prozesse. Die Selektion bestimmt nicht nur gewisse Gene die geeignet sind Informationen für die Entwicklung weiterzugeben, sie selektiert auch diejenigen aus, die nicht den Anforderungen entsprechen. Die Zukunft eines Systems wird hier, genauso wie im Ansatz von Csikszentmihaly, nachhaltig und unwiederuflich verändert.²

Besonderst wichtig ist die Kombination aus Denkansätzen, Ausstattung und Messmethoden bei dem vorrausschauenden Umgang mit Ressourcen. Die zukünftige Rolle des bekannten Wissens ist abhängig davon, wie die Weitergabe an die folgende Generation geglückt ist. Auch für diese neue Generation gilt, dass ein kreatives Handeln vorraussetzt, die Domäne in ihren Grundzügen verstanden zu haben. Dabei ist es wichtig die Übergabe der Kenntnisse entsprechend den Regeln ihrer Domäne zu gestalten, und dabei optimalerweise eine interessante, tiefgreifende und sinnvolle Wissensübermittlung zu fördern. Nur unter diesen Vorraussetzungen ist ein weiterer Nutzen der kreativen Errungenschaften und weiterer aufbauender Erkenntnisse gesichert.³

¹ vgl. Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 482ff.

² vgl. Günter Haaf 1990, S. 108ff.

³ vgl. Mihaly Csikszentmihalyi 2001, S. 482ff.

4.0 Wert der chaotischen Kreativität

Die Forschungen rund um die Chaos - Theorie haben in den letzte Jahrzehnten eine enormen Schub in den Wissenschaften ausgelöst. Neue Entdeckungen zogen sich durch sämtliche Fachgebiete und vereinten die unterschiedlichsten Forschungsansätze. Diese Verbindungen führte zu einem universellem Begriff des Chaos in unserer uns bekannten Welt

Das Chaos präsentiert sich heute in einem komplett anderem Zusammenhang wie es in der Vergangenheit der Fall war. Die Begrifflichkeiten wurden vollkommen neu definiert und zeigen als "deterministisches Chaos" weitreichende Einflüsse und vollkommen neue Eigenschaften. Das Wissen, dass chaotische Zustände überall in der Welt vorhanden sind und uns in vielerlei Hinsicht sogar die Umstände unseres heutigen Lebens ermöglicht haben, stammt ebenfalls aus der neuen Forschungsrichtung. In der Biologie spielen einerseits rationale, klare Instruktionen eine wichtige Rolle, andererseits sind auch die chaotischen Zustände entscheidend.

Bei diesen unberechenbaren Strukturen ist das entscheidende und wohl prägendste Element die Kreativität der Natur. Der biologische Faktor nutzt kreative Finflüsse, ebenso wie die Kreativität überall in der Biologie einen großen Einfluss hat. Die beiden Ansätze des Chaos und der Kreativität sind durch die neue Wissenschaft eng verbunden und bedingen sich gegenseitig. Auch der Soziologe, Anthropologe und Philosoph Mihaly Csikszentmihalyi hat den Zusammenhang von Biologie und Kreativität erkannt. Er entwickelte, auf diesen Ansatz aufbauend, seine Theorie der Kreativität und der Kulturausprägung. Interessant ist hierbei zu sehen, wie sich Theorien, die auf ganz anderen Vorraussetzungen aufbauen, so gut ergänzen und verbinden lassen. Die Chaos - Forschung, die aus der Naturwissenschaft kommt und die Kreativitätsforschung von Csikszentmihalyi, die ihrerseits auf persönlichen Erfahrungen und subjektiven Wahrnehmungen beruht, können durch einen sensiblen Umgang und eine Ausblendung gewisser einschränkenden Dogmen gut verbunden werden. Dialoge bieten im Endeffekt sehr positive Aspekte für alle Beteiligten, wie gegenseitige Inspiration und eine Erweiterung des persönlichen Horizontes. Man sollte deshalb auch in der Bildung in Richtung einer Strukturwissenschaft denken. Diese hat den Ansatz, unterschiedliche Wissensbereiche zu verbinden. Ziel dieses Ansatzes wäre es, größere Zusammenhänge zu erschließen und kreatives, verknüpfendes Denken zu ermöglichen.

Kreatives Denken wird neurologisch nicht einem bestimmten Hirnareal zugeschrieben wird, sondern entsteht erst durch das Zusammenspiel verschiedener Bereiche. Dadurch erscheint eine Stimulation von unterschiedlichen Gehirnarealen während der Entwicklung von Kindern äußerst sinnvoll. Wenn man die Kreativität von klein auf fördert, stehen die Chancen gut, einen positiven Beitrag zur Ausprägung der schöpferischen Vielfalt zu leisten. Eine ganzheitliche Förderung im Sinne von frühzeitigem Angebot wie beispielsweise Musik, Tanz, bildnerisches Gestalten, Theater oder Forschen, kann die Entwicklung zu kreativen Persönlichkeiten stark fördern. Kreativität findet man, ebenso wie chaotische Strukturen, überall in der Welt. Diese beiden Aspekte, die sich in

vielen Bereichen ergänzen und bedingen, sind verantwortlich für bahnbrechende Entwicklungen. Wir verdanken ihnen die komplexe Schönheit der Welt, ebenso wie ganz besondere persönliche Erfahrungen. Die bekannten Ordnungen und Strukturen, die bei allen chaotischen Zuständen eine große Rolle spielen, zeigen sich dem aufmerksamen Beobachter überall und eben auch in der natürlichen Schönheit unserer Erde. Diese Schönheit fasziniert seit jeher und hat eine Vielzahl an unterschiedlichen Erklärungsversuchen hervorgebracht. Die Chaos - Forschung ist ein Ansatz, der logische und rationale Theorien mit dem breitem Spektrum der Kreativität und der Unberechenbarkeit verbindet. Der Filmemacher Rüdiger Sünner hat sich im Rahmen seines Filmes "Kreatives Universum - Naturwissenschaft und Spiritualität im Dialog" zu der Rolle der Unberechenbarkeit in der Evolution folgendermaßen geäußert:

"Trotz [...] scheint es aber auch Tendenzen und Richtungen in der Evolution zu geben, auch einen gewaltigen Überschuss an Schönheit, Spiel, formender Kraft und Freiheitsgraden, der nicht nur durch Selektion und Überlebenskampf zu

¹ vgl. Judith Rauch 2009, S. 22ff

erklären ist. Ob Molekül, Zelle, Organismus oder Biosphäre: jede dieser Einheiten ist immer mehr als die Summe seiner Teile, eine eigene Qualität, die eben nicht auf die materiellen Bausteine zurückgeführt werden kann. Die heutige Forschung hat das auch erkannt, aber scheut vor spirituellen Annahmen zurück. Mit Begriffen wie "Emergenz" wird dieses Rätsel elegant umschrieben, aber nicht gelöst. Manche Wissenschaftler sprechen immerhin vom "Wunder" der Emergenz, für das wir jedoch nicht unbedingt einen göttlichen Designer brauchen."

Der Begriff der Emergenz bezeichnet das Auftauchen von neuen Eigenschaften, die einzig durch ihren materiellen Ursprung nicht erklärt werden können. Erst die Verbindung bestimmter Komponenten macht ein bestimmtes Erscheinen möglich, und zeigt ein Ergebnis, das mehr ergibt als die Summe seiner Teile. Nach den Erkenntnissen von Rüdiger Sünner ist also trotz ständig bekannt

werdenden Erfolgen in der Wissenschaft generell nicht alles zu erklären. Auch die Forschung stößt immer wieder an ihre Grenzen und muss eingestehen, dass bestimmte Bereche des Schöpferischem wohl außerhalb des menschlichen Erkennnissstandes stehen.² Ob es sich hierbei um eine göttliche Macht, die Unkenntniss der menschlichen Wissenschaft oder einen gänzlich anderen Faktor handelt, entzieht sich unserem Wissen. Dass aber dieser Zustand auch motivierend und positiv ist, erkannte schon Albert Einstein. Er formulierte seine Gedanken zu unerklärlichen Phänomenen in folgenden Worten:

"Das Schönste, was wir erleben können, ist das Geheimnisvolle. Es ist das Grundgefühl, das an der Wiege von wahrer Kunst und Wissenschaft steht. Wer es nicht kennt und sich nicht wundern, nicht mehr staunen kann, der ist sozusagen tot und sein Auge erloschen."³

Rüdiger Sünner 2010, Einleitung des Films "Das kreative Universum - Naturwissenschaft und Spiritualität im Dialog", S. 2

² vgl. R\u00fcdiger S\u00e4nner 2010, Einleitung des Films ",Das kreative Universum - Naturwissenschaft und Spiritualit\u00e4t im Dialog\u00e4

³ Albert Einstein 1997, S. 216

Literaturverzeichnis

Monographien

Briggs, John / Peat, F. David, 1990: Die Entdeckung des Chaos. Eine Reise durch die Chaos-Theorie. München / Wien: Carl Hanser Verlag

Csikszentmihaly, Mihaly, (1997) 2001: Kreativität. Wie Sie das Unmögliche schaffen und Ihre Grenzen überwinden. Stuttgart: Klett - Cotta

Frerichs, Stefan, 2000: Bausteine einer systemischen Nachrichtentheorie. Konstruktives Chaos und chaotische Konstruktionen. Grundlagen der Chaostheorie - Eine allgemein verständliche Einführung für Laien. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag

Greschik, Stefan, 1998: Das Chaos und seine Ordnung. Einführung in komplexe Systeme. München: Deutscher Taschenbuch Verlag

Küppers, Günter, 1996: Chaos und Ordnung. Formen der

Selbstorganisation in Natur und Gesellschaft. Stuttgart: Phillipp Reclam jun.

Laplace, Pierre Simon, 1814: Essai philosophique sur les probabilités. Paris: Courcier

Mayer - Brennenstuhl, Andreas, 1994: Zur Universalität des Schöpferischen. Wie Wasser in der hohlen Hand. Versuch einer Beschreibung schöpferischer Prozesse. Münster / Hamburg: Literaturverlag

Raven, Ib, 1995: Chaos, Quarks und schwarze Löcher. Das ABC der neuen Wissenschaften. München: Verlag Antje Kunstmann

Valsangiacomo, Antonio, 1998: Die Natur der Ökologie. Anspruch und Grenzen ökologischer Wissenschaften. Zürich: Vdf-Hochschulverlag

Wissenschaftliche Abschlussarbeiten

Köck, Gertrud, 1999: Chaostheorie. Aspekte für die Pädagogik. Innsbruck: http://bidok.uibk.ac.at/library/koeck-chaostheorie-dipl.html; Stand: 20.11.2006 Diplomarbeit

Marjanovic, David, 2007: Fraktale Stadtgenerierung. Frankfurt am Main: http://www.gdv.informatik.uni-frankfurt.de/diplomarbeiten/pdf/Diplomarbeiten_final/Diplomarbeit_dmarjanovic.pdf; Stand: 20.01.2011 Diplomarbeit

 Hab Chaos im Herzen... Medizin. GEO Wissen. Chaos und Kreativität 1990 / 2

Klotz, Karlhorst, 1990: Expeditionen ins Reich der Fraktale. Magazin. Das Chaos in die gewünschte Richtung lenken. Experimente. GEO Wissen. Chaos und Kreativität 1990 / 2

Dr. Küppers, Bernd - Olaf, 1990: Wenn das Ganze mehr ist als die Summe seiner Teile. GEO Wissen. Chaos und Kreativität 1990 / 2

Mechsner, Franz, 1990: Kann das Hirn das Chaos bändigen? Gehirn. GEO Wissen. Chaos und Kreativität 1990 / 2

Rauch, Judith, 2009: Die Wissenschaft vom Musenkuss. Bild der Wissenschaft 2009 / 9

Sommer, Volker, 1990: Das schöpferische Spiel. Mythen. GEO Wissen. Chaos und Kreativität 1990 / 2

Zeitschriftenartikel

Bachmann, Klaus, 1990: Wenn Räuber Opfer ihrer Beute werden. Ökologie. GEO Wissen. Chaos und Kreativität 1990 / 2

Emanuel, Kerry, 2008: Retrospective. Edward N. Lorenz (1917-2008). Eye for Detail. Science. 2008 / 320

Haaf, Günter, 1990: Der gezähmte Zufall. Biologie. GEO Wissen. Chaos und Kreativität 1990 / 2

Prof. Dr. Haken, Hermann, 1990: Enzyklopädie der Ignoranz. Fragen. GEO Wissen. Chaos und Kreativität 1990 / 2

Kerner, Charlotte, 1990: Expeditionen ins Reich der Fraktale. Magazin.

Internetquellen

Giesen, Jürgen, 1995: Chaosforschung. Fraktale - Chaos - Ordnung. Präsentation in Schwerte: http://www.jgiesen.de/Divers/ChaosVortrag/ChaosInhalt.pdf; Stand: 20.01.2011

Prof. Dr. Piel, A., 1999: Nichtlineare Dynamik. Der Laplacesche Determinismus. Physikvorlesung Christian-Albrechts-Universität zu Kiel: http://www.ieap.uni-kiel.de/plasma/ag-piel/vorl/kap53/kap53.html; Stand: 20.01.2011

Artikel: Organismus. http://de.wikipedia.org/wiki/Organismus, Stand: 10.01.2010,

Grammatiken, Lexika und Wörterbücher

Brock Haus, Naturwissenschaft und Technik Band 2, 2003, Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG / Spektrum Akademischer Verlag, Mannheim, Heidelberg

PONS Kompaktwörterbuch, 2005, Ernst Klett Sprachen GmbH, Stuttgart

Sonstige

Einstein, Albert, (1997) 2007 : Einstein sagt. Zitate, Einfälle, Gedanken. Calaprice, Alice (Hrg.), München / Zürich: Piper

Sünner, Rüdiger 2010, Booklet des Films: Das kreative Universum - Naturwissenschaft und Spiritualität im Dialog, Berlin: Atalante Film

Abbildungsverzeichnis



Abbildung 1:

Krebsstudie in Mischtechnik, 2010, Bachelorarbeit praktischer Teil, Lena Brocker



Abbildung 2:

Apfelmännchen und Mandelbrotmenge, http://www.mishabittleston.com/apfelmaennchen/; Stand: 20.01.2011, bearbeitet von Lena Brocker



Abbildung 3:

Foto Oranger Zwergkrebs, 2010, Bachelorarbeit praktischer Teil, Lena Brocker



Abbildung 4:

Diverse Rankenfußkrebse,1904: Kunstformen der Natur. Ernst Haeckel



Abbildung 5:

Foto Oranger Zwergkrebs, 2010, Bachelorarbeit praktischer Teil, Lena Brocker

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Dinkelsbühl, der 20.01.2011

Lena Brocker