

Kreativität und das rigorose Chaos

Einführung 4. Teil

Gottlieb GUNTERN

6. Deterministisches Chaos, fraktale Strukturen und menschliche Kreativität

Was uns hier vor allem interessiert, ist, welche Rolle das deterministische Chaos und fraktale Strukturen im Rahmen kreativer Prozesse des Menschen spielen. Diesem Zusammenhang war das Internationale Zermatter Symposium über Kreativität in Wirtschaft, Kunst und Wissenschaft gewidmet, von dem dieses Buch berichtet.

Thaumázein — Die Fähigkeit, sich zu wundern

Die alten Griechen schrieben Kindern, Narren, Poeten und Philosophen die Fähigkeit *thaumázein* zu, die Fähigkeit, sich angesichts der unverhofften Schönheit des alltäglichen, banalen Objektes oder Ereignisses ausgiebig zu wundern.

Wundern darf man sich angesichts der Tatsache, daß der kreative Prozeß im Universum in jeder Hinsicht universal ist. Er tritt ununterbrochen überall auf, in der geophysikalischen, in der biologischen und in der kulturellen (von Menschen produzierten) Evolution. Das wäre primär nicht zu erwarten, auf gar keinen Fall auf der Grundlage von Boltzmanns Zweitem Lehrsatz der Thermodynamik. Dieser gilt zwar nur für geschlossene Systeme, wird aber oft so ausgelegt, daß in unserem Universum langsam, aber sicher alle Formen verschwinden und letztlich nur noch ein formloses Universum im Hitzetod vorhanden sein wird, das alttestamentliche Tohuwabohu, die strukturlose Ödnis und Leere. Nun sind Naturgesetze bekanntlich künstliche, von Menschen fabrizierte Gebilde, die die Welt der beobachteten Phänomene formal zu beschreiben und kausal zu erklären versuchen. Sie sind so lange gültig, bis eine bessere Formulierung gefunden wird.

Eine künftige Formulierung, die bereits in Ansätzen in der Astrophysik vorhanden ist, wo man von einem Universum spricht, das sich von einem Big Bang zum nächsten zyklisch entwickelt, kommt den Tatsachen offenbar näher. Das Universum scheint ununterbrochen eine Ko-Evolution von Kreation und Destruktion zu betreiben. So entstehen inmitten der Wahrscheinlichkeit von Naturkatastrophen und allen möglichen Krisen immer wieder so unwahrscheinliche Dinge wie zum Beispiel ein Schneekristall, eine Perle, eine Purpurwinde, ein Zebra oder kam es zur Effindung des Rades und zur Formulierung der Relativitätstheorie.

Vermutlich bedient sich das Universum mehrerer Mechanismen, um dieses Miteinander und Nacheinander von Kreation und Destruktion in einem dynamischen Fließgleichgewicht zu halten. Einer davon muß das deterministische Chaos sein. Gleich hat offenbar recht, wenn er schreibt:



„Wissenschaftler, die sich mit chaotischer Dynamik befaßten, machten die Entdeckung, daß dem unregelmäßigen Verhalten einfacher Systeme ein *kreativer Prozeß* zuzuordnen war. Er brachte die Komplexität hervor: hochorganisierte Muster, die manchmal stabil und manchmal instabil waren, manchmal endlich und manchmal unendlich, die jedoch stets die Faszination besaßen, die lebende Objekte haben.“

Offenbar kann das Universum gar nicht nicht-kreativ sein. Es muß kreieren! Die Kreativität gehört zum Universum wie der Fruchtstein zur Pflaume. So gewinnt die alte taoistische Frage:

„Welches ist der Stein, der das Leben birgt?“ eine neue Dimension. Interessanterweise scheint das Universum jedoch nur kreativ zu sein, wenn es sich nicht in einem stabilen Gleichgewicht befindet.

Prigogine, der für seine Theorie der Thermodynamik offener Systeme (dissipativer Strukturen, d. h. Energie verbrauchender Systeme, die nicht im thermischen Gleichgewicht sind) 1977 den Nobelpreis erhielt, stellte einmal fest: „Materie im Gleichgewicht ist dumm (*dull*). Je weiter man sich vom Gleichgewicht entfernt, um so intelligenter wird die Materie.“ Die kreative Intelligenz des Menschen ist somit bereits in der Urmaterie angelegt, so wie der Fruchtstein in der entstehenden Pflaume. Die kreative Intelligenz des Universums hat Vulkane und Ozeane, Pflanzen und Tiere und alle wesentlichen Produkte von Zivilisation und Kultur hervorgebracht. Aber sie konnte sich seltsamerweise nur entfalten, wo ein System fernab vom Gleichgewicht war. Wir würden heute sagen, daß sie sich nur entfalten konnte, wo sie jeweils in den Anziehungsbereich eines seltsamen Attraktors geriet. Diese Attraktoren haben laut Ruelle, der zusammen mit Takens diesen Begriff prägte, folgendes Potential: „Ein ganzes Reich von Formen, die es zu erforschen, und Harmonien, die es zu entdecken gilt.“

Ruelles Suggestion aufnehmend, möchte ich im folgenden Abschnitt ein paar Hypothesen zum Wirkungsmechanismus der menschlichen Kreativität aufstellen. Sie knüpfen an Überlegungen an, die ich an anderer Stelle formuliert habe, und ergänzen und verfeinern diese.

Hypothesen zur Natur des menschlichen kreativen Prozesses

Kreative Leistungen werden unter anderem durch Analogieschlüsse erleichtert, die das Bekannte mit dem Unbekannten vergleichen und so letzteres verständlicher machen. Gelegentlich werden diese Analogien in metaphorischer, d. h. bildhafter Sprache formuliert. Derart formuliert regen sie unsere Imagination an und bringen uns auf neue Gedanken. In unserem Rahmen möchte ich vor allem zwei Ideen diskutieren, die beide aus der Chaostheorie stammen und die meines Erachtens für das Verständnis des menschlichen kreativen Prozesses von fundamentaler Bedeutung sind. Die eine Idee



ist das Konzept der *Iteration*, die andere das Konzept des *Attraktors*. Beide spielen schon bei dem reproduktiven und produktiven Funktionieren unseres Hirns eine wichtige Rolle, bei dem kreativen Funktionieren ist diese Rolle noch relevanter.

Unser Hirn besitzt ca. 10^{11} Neuronen, d. h. ungefähr hundert Milliarden graue Hirnzellen, versteht dieses Riesenpotential aber nicht optimal zu nutzen. Der Mensch sitzt auf Ressourcen, die er, aus welchen Gründen auch immer, nicht zu mobilisieren vermag. Um dieses Potential optimal auszuschöpfen, müßte er nämlich ununterbrochen die Neuronen durch Denk- und Lernprozesse miteinander vernetzen.

Allein in der Hirnrinde unseres VernunftHIRNS (Neokortex, Großhirn) können diese Neuronen, wie der Biologe und Nobelpreisträger Gerald M. Edelman schreibt, untereinander bis zu ca. 10^{15} , d. h. bis zu einer Million Milliarden Verbindungen eingehen! Jede einzelne Nervenzelle im Hirn kann nämlich bis zu 10 000 und mehr Verbindungen mit anderen Nervenzellen aufbauen und unterhalten. Daraus entsteht eine strukturelle „Verfilzung“ oder Vernetzung von größter Komplexität. Wenn man sich den Signaltransport durch diese Nervenfasern vorstellt, dann kommt man zu einem Bild, das Edelman mit den Interaktionen in einem Urwald vergleicht, einem der komplexesten Ökosysteme der Welt, in dem Milliarden von Mikroben, Pflanzen und Tieren ununterbrochen interagieren.

Wie gewaltig dieser interneuronale Signalverkehr sein muß, läßt sich nur erahnen. Exakt meßbar ist er mit den heutigen Methoden nicht. Immerhin gibt es Anhaltspunkte. Zwischen den beiden Hirnhemisphären unseres GroßHIRNS gibt es ca. zwei Mal 10^8 , d. h. ca. 200 Millionen Nervenfasern. Dort können pro Sekunde ca. zwei Mal 10^9 , d. h. ca. zwei Milliarden Signale ausgetauscht werden. Vielmehr *könnten* sie es, wenn der Mensch diesen Signalverkehr — unbewußt oder bewußt — nicht erheblich hemmen würde. Wer zum Beispiel vorwiegend mit der dominanten Hirnhemisphäre denkt (quantitativ, analytisch, dualistisch, rational begründend, sprachlich formulierend, im Aktionsmodus, mit einem instrumentellen Bewußtsein etc.), der kann den Signalstrom, der von der nicht—dominanten Hirnhemisphäre (qualitatives, holistisches, monistisches, intuitives, bildhaftes Denken im Rezeptionsmodus und mit einem Einheitsbewußtsein) kommt, funktionell blockieren.

Interneuronale Vernetzungen, die das biologische Substrat für den Reichtum unseres Geistes bilden, kommen nur zustande, wo genügend *Iterationen* und *Redundanzen* im Signalstrom auftreten. Iterationen finden statt, wenn die Ergebnisse eines Denkaktes als Ausgangsdaten für einen neuen Denkakts dienen. Dies ist offenbar ein Hauptphänomen des menschlichen Denkens. Redundanzen (*Redundanz* = Wiederholung mit Variationen) finden statt, wenn dieselbe Information immer wieder etwas anders formuliert durch unsere Hirnstromkreise läuft. Auch dieses Phänomen ist offenbar ubiquitär, denn Erziehung, Lernen und Gedächtnisbildung wären ohne diesen Mechanismus gar



nicht denkbar. Als man Newton einmal fragte, wie er zu seinen großen kreativen Leistungen gekommen sei, erwiderte er: „Nocte diemque ruminando“ — indem ich Tag und Nacht darüber nachdachte. Das lateinische Wort *ruminare* ist jedoch viel evokativer als das deutsche Wort „nachdenken“. *Ruminare* heißt ursprünglich wiederkäuen. Und der Vorgang des Wiederkäuens schließt bei Lebewesen, die wiederkäuen, bekanntlich sowohl Iterationen als auch Redundanzen ein. Eccles und Popper diskutieren die sogenannte *synaptic growth theory*, eine von Szenttgothai, Kornhuber und anderen Autoren aufgestellte Theorie, die folgendes besagt: Wo Lernvorgänge stattfinden, da sprossen aus den Neuronen sogenannte Axone (lange Nervenfortsätze) hervor, die mit Dendriten, Axonen oder dem Zellkörper anderer Neuronen interneuronale Synapsen bilden. (*Dendriten* sind kleinere Nervenfortsätze, die von anderen Neuronen Signale empfangen; *Axone* senden Signale an andere Neuronen; eine *Synapse* ist der Spalt zwischen zwei Neuronen, in dem das bioelektrische Aktionspotential durch einen chemischen Botenstoff, den sogenannten *Neurotransmitter*, auf das nächste Neuron übertragen wird.) Dieser Vorgang der interneuronalen Verkabelung ist solange möglich, wie die Proteinsynthese im Organismus richtig funktioniert, also im Prinzip bis zum Tode. Je häufiger ein Signal über eine Synapse gesandt wird, um so größer die Wahrscheinlichkeit, daß es an der Synapse zu Proteinsprossungen kommt, die dieses Neuron mit vielen anderen Neuronen vernetzt. Wenn das Signal jedoch selten gesandt wird, verkümmern diese Proteinbrücken wieder. *Mit anderen Worten, quantitativ reichhaltige und qualitativ gute interneuronale Beziehungen sind für ein gesundes und sinnerfülltes Menschenleben genauso wichtig wie quantitativ reichhaltige und qualitativ gute soziale Beziehungen! Wer seine interneuronalen Beziehungen sorgfältig pflegt und trainiert, der läßt seinen mentalen Urwald aufblühen und darin immer mehr und immer interessantere Lebewesen entstehen.*

Die einzelnen Synapsen zwischen Nervenzellen sind entweder hemmend (inhibitorisch) oder aktivierend (exzitatorisch), aber nie beides zugleich. Ganz anders sieht die Sache mit größeren Zeliverbänden aus. Miteinander vernetzte Neuronenverbände (*nerve cell assemblies*) entstehen nach Freeman durch die synchrone Erregung großer Neuronenensembles. Diese Ensembles oder Neuronenverbände können Hunderttausende bis Millionen von Neuronen enthalten und als Ganzes sowohl hemmend als auch aktivierend wirken. Ihre funktionelle Flexibilität ist somit ungleich größer als jene einzelner Synapsen. Dieser Mechanismus ist m. E. dafür verantwortlich, daß wir gewisse mentale Fähigkeiten (z. B. Intuition, Imagination, kritisches Urteil, Emotion, Instinktregung, Feinregulation zielorientierter Bewegungen etc.) einmal hemmen und einmal aktivieren können — auf jeden Fall trainieren.

Große, miteinander innig vernetzte Nervenzeliverbände kommen offenbar dadurch zustande, daß Konditionierungsmechanismen die einzelnen interneuronalen Beziehungen stabilisieren. Durch Lernvorgänge entstehen sogenannte *Hebbsche Synapsen* — benannt nach Donald Hebb von der



McGill University, Montreal, der wichtige Untersuchungen auf dem Gebiet des assoziativen Lernens machte. Lernen, das mit Belohnungen resp. Lusterlebnissen oder mit Bestrafung resp. Unlust- oder Schmerzerlebnissen, das heißt mit einer starken Erregung des limbischen Systems oder Emotionshirns einhergeht, führt dazu, daß an den Synapsen eine Sensitivierung oder Bahnung stattfindet (sogenannter *post-synaptic gain*).

Neuromodulatoren sind chemische Stoffe, die für den allgemeinen Wach- oder Alarmzustand mitverantwortlich sind, aber auch die Sensitivität postsynaptischer Membranen, deren Ansprechbarkeit auf Signale, erhöhen. Solche Neuromodulatoren verstärken Hebbsche Synapsen, so daß bei einem relativ geringen Input, das via Botenstoffe (Neurotransmitter) von einer Nervenzelle kommt, ein relativ großes Output (starke Reaktion) erfolgt. Mit anderen Worten, hier sind die Wege gebahnt, und deshalb fließt der Signalstrom ungehemmt und führt zu vermehrter Leistung.

Neuronenverbände oder Neuronenkollektive sind voller solcher Hebbscher Synapsen, die, wenn sie stimuliert werden, synchron feuern oder sich entladen.

Nun können dieselben Neuronen natürlich an vielen, ganz unterschiedlichen Neuronenkollektiven beteiligt sein und mal mit dem einen, mal mit dem anderen Neuronenverband feuern, so wie sich Mücken oder Gruppen von Mücken mal zu dem einen und mal zu dem anderen Mückenschwarm gesellen. Es ist evident, daß neuronale Strukturen nicht frei im Hirn herumsausen.

Da interneuronale Vernetzungen durch Lernvorgänge entstanden sind, zeigen sie die Spuren ihrer Erfahrung. Sie zeichnen bestimmte Aspekte der Außen- oder Innenwelt ab. Mit anderen Worten, hier liegen Bifurkationen vor, die ein Gedächtnis hinterlassen haben, das jederzeit sensitiv auf Stimuli ansprechen kann. Auf diesen Sachverhalt scheint Lichtenbergs Beobachtung anzuspielen: „Was du gezwungen warst, selbständig zu entdecken, läßt in deinem Geist einen Pfad zurück, den du wieder benützen kannst, wenn dies nötig ist.“ Dieser Sachverhalt hilft uns m. E., zweierlei Dinge zu verstehen: die Gedächtnisillusion und die Wahrnehmungsillusion, d. h. den Prozeß vorschneller Urteilsbildung bei der Erinnerung bzw. der Wahrnehmung, den die Gestaltpsychologen der dreißiger Jahre eine *premature closure of Gestalt* nannten. Solche Gedächtnis- oder Wahrnehmungsillusionen treten beispielsweise beim sogenannten *déjà-vu*-, *déjà-vécu*-Erlebnis auf. Ein oder mehrere Neuronen werden durch einen internen (Gedächtnis) oder externen (Außenwelt) Reiz stimuliert. Sie beginnen zu feuern. Da sie durch exzitatorische Synapsen mit unzähligen anderen Neuronen vernetzt sind, reißen sie diese in eine synchrone Entladung hinein. Und schon entsteht ein mentales Gesamtbild einer inneren oder äußeren Situation, obwohl nur Teilaspekte dieser Situation mit dem mentalen Gesamtbild übereinstimmen, das nun im Hirn als Erkenntnisvorgang resultiert.

Es besteht kein Zweifel, daß das Hirn ein komplexes, dynamisches System ist und somit vom deterministischen Chaos bestimmt wird. Interessant ist nun die durch experimentelle Befunde



abgestützte Hypothese von Freeman, daß jedem Wahrnehmungsprozeß ein chaotischer interneuronaler Attraktor zugrunde liege. Freeman experimentierte mit Kaninchen, die er sozusagen in die Schnupperlehre schickte. Sie lernten, verschiedene Formen von Sägemehl geruchlich zu unterscheiden. Zu diesem Zweck wurden sie konditioniert, d. h. für „richtige“ Reaktionen belohnt. Sie bildeten somit Hebbsche Synapsen mit *post-synaptic gain*. Die Ableitungen der bioelektrischen Erregungsmuster im Riechbulbus (erstes Zentrum der Stimulusverarbeitung, das integraler Bestandteil des Emotionshirns ist) und im Kortex ergaben, daß diese offenbar durch dreidimensionale seltsame Attraktoren (Neuronenkollektive) bestimmt waren. Es gab bei jeder einzelnen Wahrnehmung einen plötzlichen Sprung von einem Attraktorenbecken ins andere. Dieser plötzliche Sprung von einer Hirnaktivität in die andere macht nach Freeman den Akt der Wahrnehmung aus.

Folgende Beobachtungen waren bei diesen Experimenten besonders interessant: Die Wahrnehmung hängt offenbar weniger vom Stimulus als von der Erfahrung ab. Wurde dasselbe Sägemehl wiederholt gerochen, sah das abgeleitete Erregungsmuster des Hirns jeweils ein wenig anders aus. Mit anderen Worten, die laufende Erfahrung hatte die Neuronenkollektive modifiziert. Ohne diese Modifikation hätte nämlich derselbe Stimulus immer dasselbe Reaktionsmuster in den abgeleiteten Hirnströmen produzieren müssen.

Der Wahrnehmungsmechanismus beim Riechen verläuft nach Freeman folgendermaßen: Das limbische System oder Emotionshirn — das unter anderem Gefühle und Stimmungen erzeugt und in den Lern-, Gedächtnis- und Urteilsvorgängen sowie in den Streß-, Entspannungs- und Motivationsmechanismen eine Rolle spielt — stimuliert die motorischen Zentren im Hirn dazu, aktiv Information zu suchen. Gleichzeitig sendet es den sensorischen Zentren in der Hirnrinde sozusagen eine Kopie dieser Befehle, eine sogenannte *Re-Afferenz*, und stimuliert sie dazu, sich auf die zu erwartenden Wahrnehmungssignale einzustellen. Die derart stimulierten sensorischen Neuronenverbände beginnen sich synchron zu entladen. Diese Aktivität wird zurück ans limbische System gemeldet und dort mit anderen Signalen in eine Wahrnehmungsgestalt integriert. Und schon gehen neue Signale an die motorischen und sensorischen Systeme aus und stimulieren sie zu neuen Aktivitäten. Dieser Vorgang der Wahrnehmung und Urteilsbildung ist somit ein höchst dynamischer Prozeß, innerhalb dessen die Neuronenkollektive laufend wieder modifiziert werden.

Chaos ist die Voraussetzung für Wahrnehmung. Der seltsame Attraktor im limbischen Bulbus und der seltsame Attraktor im Kortex irritieren einander dauernd und können sich nicht auf eine gemeinsame Frequenz einigen. Durchschneidet man die Verbindung zwischen den beiden Zentren, würde jegliche chaotische Aktivität aufhören und jedes Zentrum ruhig vor sich hinarbeiten. Damit wäre aber auch die Wahrnehmung gestört. Mit anderen Worten, durch die chaotische Aktivität dieser beiden interaktiven Neuronenkollektive wird die allgemeine Erregbarkeit und Ansprechbarkeit des Hirns auf Stimuli erhöht. Und damit erst wird eine normale Wahrnehmung ermöglicht.



Besagte Neuronenkollektive springen jeweils mehr oder weniger synchron von einem Nicht-Entladungszustand (*non-burst*) in einen Entladungszustand (*burst*) und wieder zurück, das heißt, wir haben es hier mit sehr schnell auftretenden Bifurkationen oder Phasentransitionen zu tun. Dabei entstehen ultra-rapide Gamma-Entladungen, die eine Frequenz bis zu 90 Hertz aufweisen können. Da der Betarhythmus mit 14 bis 33 Hertz sonst als höchster Erregungszustand gilt, muß man annehmen, daß die Wahrnehmung mit einem relativ hohen Alarmzustand (*arousal*) im Instinkthirn einhergeht — was vermutlich mit ihrem hohen existentiellen Stellenwert für das Überleben und die Entwicklung von Organismen zu tun hat.

Die Information ist offenbar in der dreidimensionalen Topologie der Neuronenkollektive erhalten. Der physiologischen Aktivität dieser Neuronenkollektive entspricht als mentales Korrelat der Wahrnehmungs- oder Denkkakt. Neuronenkollektive bilden topologischen Landkarten, denen Edelman eine zentrale Rolle beim Wahrnehmen und Denken zumißt, und haben die Form von Attraktoren. Das Becken dieser Attraktoren wird durch die — infolge von Lernvorgängen — erzeugten Hebbschen Synapsen gebildet. Freeman nimmt an, daß für jeden einzelnen Geruchsstoff ein eigener Attraktor gebildet werde.

Wahrnehmung ist somit kein passives Registrieren innerer oder äußerer Reize, sondern ein höchst aktiver Konstruktionsprozeß (*mapping*). An diesem Prozeß sind unter anderem Erfahrung, Zielvorstellung, aktueller organismischer Zustand, aktueller Weck— oder Alarmzustand sowie alle möglichen inneren und äußeren Reize beteiligt.

Freeman schließt seine Überlegungen mit folgenden Sätzen:

„Worin liegt der funktionelle Vorteil des Chaos für ein Hirn? Chaotische Systeme sind fähig, dauernd neue Aktivitätsmuster zu erzeugen. Dies ermöglicht Lernen und die Erzeugung von Einsicht und Verstehen.“

Die Hypothesen im einzelnen

Hypothesenbildung ohne dauernde Absicherung bzw. Widerlegung durch beobachtbare Fakten ist ein rein spekulativer Vorgang. Das Spekulationskarussell kann sich immer schneller drehen und immer weiter vom Boden der Tatsachen abheben. Faktenanhäufung ohne intuitive Hypothesenbildung aber ist ein steriler Vorgang, der zu nichts führt, auf jeden Fall zu keiner kreativen Leistung. In diesem Sinne wollen wir uns nun in der Hypothesenbildung ein Stück weiter vorwagen.

Hypothese 1:



Jedem einzelnen mentalen Denk- oder Erkenntnisvorgang entspricht ein spezifisches Neuronenkollektiv das synchron feuert. Diese Neuronenkollektive enthalten Hebbsche Synapsen und zeigen das gain-Phänomen, das heißt, sie sind aufgrund von Lernvorgängen entstanden und sprechen auf kleinste Reize stark an. Ihr Output ist, gemessen am Input, relativ groß.

Hypothese 2:

Jeder Idee entspricht ein Attraktor, der sich im vierdimensionalen (aus drei Raumdimensionen und einer Zeitdimension bestehenden) Phasen- oder Ereignisraum des Hirns befindet und einen Attraktionsbereich sowie ein Becken aufweist. Dem Anziehungsbereich entsprechen entferntere Neuronen am Rande des Neuronenkollektivs mit weniger verstärkten Synapsen. Das Becken des Attraktors wird aus jenen zentralen Bereichen der Neuronenkollektive gebildet, die Hebbsche Synapsen aufweisen.

Hypothese 3:

Die einzelnen Bestandteile von Ideen entsprechen einzelnen Funktionsvorgängen aktiver Neuronenkollektive. Diese können somit an unterschiedlichen Denkvorgängen beteiligt sein. Mit anderen Worten, die entsprechenden Neuronenbereiche gehören zu unterschiedlichen Attraktoren. Dies erlaubt eine unendliche Fülle von Assoziationen, Ideenverbindungen und kognitiven Synthesen.

Hypothese 4:

Je nach *Offen-* oder *Geschlossenheit* der Ideen, je nach *Rigidität* oder *Flexibilität* des Denkvorgangs entsprechen die daran beteiligten Neuronenkollektive unterschiedlichen Attraktorentypen.

- *Dogmatische* oder *fanatische Ideen* entsprechen *punktförmigen Attraktoren*. Sie ziehen alle Denkvorgänge in ihrer Umgebung an und immobilisieren sie am Boden ihres Attraktorbeckens. Sie sind, sozusagen, schwarze Löcher im inneren Universum, die alles, was sich in ihrer unmittelbaren Umgebung regt, an sich reißen und damit auch das Licht der Erkenntnis verschwinden lassen. Dieser Mechanismus produziert die Paralyse des Geistes.

- *Stereotype Ideen* entsprechen *Grenzykel-Attraktoren*. Sie kreisen mehr oder weniger immer auf derselben Bahn und bringen so kaum je etwas Neues zustande. Sie variieren laufend dasselbe Thema, aber diese Variationen sind so minim, daß es nicht zum quantitativen Sprung in eine neue qualitative Dimension ausreicht, die man als kreativ bezeichnen könnte.



- *Relativ gefestigte Ideen*, die immerhin noch zwei Freiheitsgrade aufweisen und sich nicht nur stereotyp im Kreis, sondern gleichzeitig auch noch um eine zweite Achse bewegen, entsprechen einem *Torus-Attraktor*. Hierzu gehören offenbar viele Ideen, mit Hilfe derer wir erfolgreich unsere täglichen produktiven Leistungen hervorbringen.
- *Offene, unvollständige, tentative Ideen*, die nuancenreich und mit Zweifeln behaftet sind und sich noch jederzeit und völlig unvorhersagbar in jede mögliche Richtung entwickeln können, entsprechen *seltamen Attraktoren*.

Hypothese 5:

Um ein kontextadäquates, gesundes und sinnerfülltes Leben zu leben, braucht der Mensch ein ausgeglichenes, sich dauernd und in sensibler, flexibler Abhängigkeit von konkreten, ökosystemischen Situationen dynamisch entwickelndes Kombinationsmuster aller vier Attraktorentypen. Wann immer sich dieses Kombinationsmuster zu lange und zu rigide in Richtung auf einen einzigen Attraktorentyp hin entwickelt, leidet die Qualität (oder sogar Quantität, d. h. Dauer) des Lebens.

- Wer vorwiegend seine punktförmigen Attraktoren betätigt, ist mental blockiert.
- Wer vorwiegend seine Grenzykel-Attraktoren betätigt, neigt zu Stereotypen und relativ sterilen Gedankengängen, die gelegentlich einen Zwangscharakter aufweisen und damit zu Zwangsvorstellungen und -handlungen phobisch-obsessioneller Natur führen können.
- Wer vorwiegend seine Torus—Attraktoren betätigt, ist ein guter Routinier, der leistungsfähig, aber nicht zu großer Kreativität fähig ist.
- Wer beinahe ausschließlich seine seltamen Attraktoren betätigt, ist ein Wirrkopf und neigt zu chaotischen, unzuverlässigen und möglicherweise gequälten und/oder quälenden Daseins- und Operationsweisen.

Hypothese 6: Kreative Prozesse sind ausschließlich dann möglich, wenn im Kontext der in Hypothese 5 angegebenen Grundbedingungen folgende Faktorenkonstellation gegeben ist:



- Es gibt im Hirn im Hinblick auf eine konkrete Zieldefinition wenigstens zwei seltsame Attraktoren.

- Irgendwann springen die in den seltsamen Attraktoren kreisenden Ideen aus ihrem Attraktorenbecken heraus und entweichen dem Anziehungsbereich des eigenen Attraktors.

- Die derart entweichenden Ideen treffen sich in einem Grenzbereich zwischen den beteiligten seltsamen Attraktoren und beginnen dort einen mentalen Transaktionsprozeß.

- In diesem Transaktionsprozeß werden die einzelnen Ideen zu einer *Meta-Idee* synthetisiert.

- Diese neu synthetisierte Meta-Idee muß folgende Bedingungen erfüllen:

Sie muß *originell* oder *einmalig* sein.

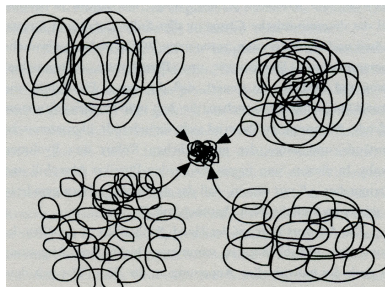
Sie muß *funktionsgerecht* sein, d. h. der Absicht oder Zielvorstellung entsprechen und die Funktion (z. B. Problemlösung) erfüllen, für die sie synthetisiert worden ist.

Sie muß *formal-ästhetisch überzeugend* sein. Sie muß gefallen, als elegant, als schön oder als „genau so ist es! genau so muß es sein!“ wahrgenommen werden.

Sie muß *wertstiftend* sein. Sie muß einen echten Beitrag zu einem bestimmten Gebiet oder Bedürfnis der Gesellschaft leisten und darf nicht irgendein alberner Gag oder gar destruktiv sein.

Die folgende visuelle Darstellung illustriert, wie man sich das Zusammenspiel verschiedener seltsamer Attraktoren (in diesem Fall wurden willkürlich vier gewählt) vorstellen kann, die zur Synthese einer kreativen Meta-Idee führen. Die vier geometrischen Gebilde stellen je einen seltsamen Attraktor dar. Die Linien verkörpern die Ereignisstrajektorien (Ideenabläufe).

Der gemeinsame Schnittpunkt



dieser Ereignisstrajektorien außerhalb der Anziehungsgebiete der vier seltsamen Attraktoren ist der

Raumzeitpunkt, an dem es zur Synthese einer kreativen Meta-Idee kommt. Diese wird dann ihrerseits zum Attraktorenbecken für einen neuen Meta—Attraktor.

Beobachtungen, Überlegungen und Implikationen

Die soeben formulierten Hypothesen verdienen einige Kommentare: Ein Hirn ist nicht wie ein Computer fest verdrahtet, sondern dynamisch, prozeßhaft organisiert. Fortwährend werden selbständig immer neue Strukturen aufgebaut, alte Strukturen erhalten, vorhandene Strukturen weiterentwickelt und gewisse Strukturen wieder aufgelöst. Anders ausgedrückt: Ein Hirn durchläuft einen ununterbrochenen Prozeß der *Morphogeneration* (*morphe* = Struktur, Form, Gestalt), *Morphostase*, *Morphotransformation* und *Morpholyse*. Diese vier strukturelevanten Prozesse laufen zeitgleich, nacheinander und in den verschiedenen Hirngebieten mit unterschiedlicher Intensität ab.

Das Hirn vollführt, metaphorisch gesprochen, einen blinden Tanz zu einer lautlosen Musik. Der Tanz ist blind, weil er unbewußt und scheinbar planlos erfolgt. Die Musik ist lautlos, weil das deterministische Chaos in aller Stille Zufall und Gesetz, Freiheit und Strukturzwang, autonomen Willen und organismische Programmierung, Spontaneität und Berechnung, (entropisches) Chaos und Ordnung so steuert, daß die riesige Flexibilität und Entwicklungsfähigkeit entstehen, die dem individuellen Hirn seine laufende Anpassung an dauernd sich verändernde ökosystemische Umstände und damit der menschlichen Kultur ihre Evolution erlaubt. In diesem Sinn fragen die beiden Physiker Morphill und Scheingraber: „Kann es sein, daß das menschliche Hirn gerade so ist, wie es ist, weil die Welt chaotisch ist?“

Die Antwort liegt auf der Hand. Schließlich ist das Hirn das Hauptorgan sowohl unserer stammesgeschichtlichen Anpassung wie auch der individuellen Anpassung an die Welt. Wer sich dem nicht fügt, kann nach dem Prinzip der natürlichen Selektion nicht überleben. Darwin, dessen Begriff *survival of the fittest* häufig als das Überleben der Stärksten interpretiert wird, verstand unter *fitness* eigentlich das An-die-Welt-angepaßt-Sein!

Das Hirn ist tatsächlich so, wie es ist, weil die Welt chaotisch ist, das heißt vom deterministischen Chaos regiert wird. Die Struktur des Hirns ist, metaphorisch gesprochen, ein besonders kostbares Juwel in Indras Netz. Dieses spiegelt die Struktur der Welt wider; und seine Funktionsabläufe widerspiegeln die Funktionsabläufe der Welt.

Ein motivierter, offener Geist bleibt immer jung, ist dauernd im Werden begriffen. Er konstruiert, erhält und entwickelt sich, indem er dauernd innovativ funktioniert. Je mehr wir lernen, um so reicher wird die zerebrale Landschaft unserer Neuronenkollektive oder Attraktoren und um so reichhaltiger, flexibler und anpassungsfähiger wird unser Geist. Nur wenn sich unser Geist verschließt, weil stark gefühlsbetonte Vorurteile, dogmatische Überzeugungen und Fanatismen aller Art, mangelnde



Motivation oder depressive Resignation die zerebralen Signalströme hemmen, altern wir mental. Dann zerfallen die interneuronalen Vernetzungen, und an die Stelle differenzierter Strukturiertheit und dynamischer Heterogenität tritt langsam, aber sicher die statische Ödnis und homogenisierte Leere des biblischen Tohuwabohu.

Kreative Prozesse sind nur möglich, weil wir ununterbrochen wahrnehmen, fühlen, denken, lernen und handeln. Wir müssen uns dabei stets vor einer *premature closure of Gestalt* hüten. Wir dürfen nicht immer alles gleich schon verstehen wollen, noch bevor wir es richtig wahrgenommen haben. Wir dürfen nicht immer alles sofort „fest im Griff“ haben wollen, sondern sollten lernen, mit Ideen flexibel umzugehen und Ambiguitäten und Widersprüche gelassen zu ertragen. Alexander der Große hieb den Gordischen Knoten mit einem einzigen Schwertstreich entzwei. Dafür sollte er, so versprach es die Sage, Asien beherrschen. Alexander drang zwar bis zum Indus vor, aber damit hatte es sich. Wichtige mentale Knoten sollten nicht den Griff nach dem Schwert provozieren. Wer sie kreativ lösen will, braucht Geduld und ein ausgeprägtes Fingerspitzengefühl. Interneuronalen Vernetzungen sind subtile Gebilde, verletzlicher als ein Spinnennetz. Wer da ungeduldig ist und zu rücksichtslos herumfingert, um den Weg frei für „Fortschritte“ zu machen, schafft Zerstörung, aber keine neue Erkenntnis.

Für tägliche Routineleistungen und für die üblichen reproduktiven und produktiven Leistungen reichen unsere punktförmigen Attraktoren, Grenzykel- und Torus-Attraktoren offenbar aus. Sobald es jedoch um anspruchsvolle kreative Leistungen geht, brauchen wir genügend viele und genügend gut funktionierende seltsame Attraktoren in der Neuronenlandschaft unseres Hirns. Wir brauchen viele unfertige Ideen. Wir brauchen einen mentalen Zustand, der fern vom Gleichgewicht ist. Wir brauchen *thaumázeín*, die Fähigkeit, uns zu wundern. Wir brauchen Perplexität, Zweifel und sogar innere Zerrissenheit. Wer da pfuschen will, weil er ein Besserwisser oder blasierter Mensch ist, der alles schon zu wissen vorgibt, noch bevor er sich eine angemessene Idee gebildet hat, der wird keine kreativen Leistungen erbringen. Er hat im besten Fall ein sorgenloses Leben, in dem alles „rund“ läuft, d. h. auf einem Grenzykel- oder Torus—Attraktor, der keine Überraschungen birgt.

Wer kreativ sein will, muß, so Nietzsche, genügend Chaos, d. h. seltsame Attraktoren, in sich haben, sonst wird er keinen tanzenden Stern gebären, sondern höchstens eine Glühbirne, die den Kopf hängen läßt.

Wenn in unserem Leben wichtige Phasentransitionen und Bifurkationen stattfinden, dann bilden sich diese strukturell und funktionell in unserem Gedächtnis ab. Diese Bifurkationsstellen reagieren äußerst sensitiv auf feinste Reize. Wer nach Inspiration sucht und seine Motivation stimulieren will, sollte sich darum mit Vorliebe an diese Bifurkationen erinnern, an spezifische Schlüsselerlebnisse, die eine geheimnisvolle Kraft besitzen und den Generator des Denkens so auf Touren bringen, daß schließlich



der Funken der Illumination überspringt und das Licht der Erkenntnis entzündet. Er sollte nach Informationen suchen (z. B. in Büchern, Filmen, Massenmedien, Gesprächen mit geistreichen Menschen oder guten Freunden in der Natur), die jene Bifurkationsstellen zu stimulieren vermögen und damit neue Bewegung in den Stillstand der Entwicklung bringen.

Ein Hirn kann nur normal funktionieren — und nur kreativ sein —, wenn ein optimales Fließgleichgewicht zwischen Freiheit und Strukturzwang herrscht. Besitzt es zuviel Freiheit, dann wird es undiszipliniert, vage, nebulös und verheddert sich in rein spekulativen Ideen. Dann wird es nicht fähig sein, kritisch zwischen den vielen Möglichkeiten und Alternativen zu wählen, die die Welt ihm offeriert. Besitzt das Hirn hingegen zuviel Strukturzwang, dann wird es in seiner mentalen Bewegungsfähigkeit gelähmt. Dann nimmt die Vielfalt ab, und es ist zur Einfalt verdammt. Freiheit und Strukturzwang sind dann in einem zufriedenstellenden Gleichgewicht, wenn *Homofaber* und *Homo ludens* miteinander in Frieden leben und keiner von beiden in seinen vitalen Bedürfnissen zu kurz kommt. Sie sind dann im Gleichgewicht, wenn spielerische Imagination, Intuition und Vision einerseits und scharfes analytisches Denken, rigoros rationales Überlegen und kritisches Urteil andererseits wohl ausgewogen sind.

Daß die Existenz und optimale Funktion von seltsamen Attraktoren für den kreativen Prozeß so wichtig ist, ersieht man übrigens aus verschiedenen Indizien. Wichtige kreative Ideen entstehen oft im inspirierenden Gespräch mit anderen Menschen, zum Beispiel in der Diskussion mit guten Freunden oder einer uns fremden Person, oder wenn wir ein Buch mit uns ungewohntem Inhalt lesen oder sonst irgendwelche Anregungen aus Gebieten erhalten, mit denen wir uns noch nie beschäftigt haben. Wichtige kreative Durchbrüche passieren oft, wenn jemand eine gewisse, je nach Gebiet und Problemstellung unterschiedlich lange Zeit auf einem neuen Gebiet gearbeitet hat. Vor dieser kritischen Zeitperiode weiß man für eine kreative Problemlösung noch zu wenig. Später werden oft die Strukturzwänge zu groß; der Kopf ist dann mit allen möglichen Daten und vor allem mit allen möglichen fachspezifischen Regeln und Lehrmeinungen vollgestopft. Große kreative Kulturleistungen entstehen bekanntlich dort, wo sich zwei oder mehrere Kulturen begegnen, und die interessantesten Ereignisse und Dinge dort, wo sich zwei oder mehrere Attraktorenbereiche berühren. Lichtenberg hat nicht umsonst eine „Theorie der Falten im Kopfkissen“ angeregt. Er ahnte intuitiv, daß dort, wo Dinge umkippen, wo sich fraktale Strukturen, Verbiegungen und Verzerrungen finden, wo Gegensätze einander berühren und ineinander überfließen, die Welt am interessantesten ist.

Nur wer die Stube seiner mentalen und sozialen Routinen verläßt, die Gassen betritt, die zum Dorf der Tradition hinausführen und schließlich, am Rande des Gewohnten angekommen, noch eine



Grenzüberschreitung wagt, wird auf ungewohntem Territorium neue Dinge entdecken und neue Ereignisse erleben und mitgestalten können.

