

Autopoietische Systeme und die reduktionistische Physik

André Waser*

Erstellt: Dez.1992
Letztmals revidiert: 28.06.2000

Das Wort autopoietisch setzt sich aus den zwei griechischen Wörtern "auto → selbst" und "poiesis → kreieren, produzieren" zusammen. Und genau darum geht es: über die Beschreibung von sich selbst immer wieder neu reproduzierenden, lebendigen Systemen. Diese Selbstreproduktion wird als zwingende Notwendigkeit für alle lebenden Systeme betrachtet und findet offenbar auch auf allen Stufen der von uns wahrnehmbaren, materiellen Welt statt; von den Elementarteilchen, über die uns bekannten Lebensformen bis hin zu astronomischen Größenordnungen.

Die Grenzen des reduktionistischen Weltbildes

Mit der Einführung der NEWTON'schen Kraftgesetzen und der KEPLER'schen Himmelsmechanik hat der Siegeszug der heutigen Physik mit dem bis heute gültigen Weltbild begonnen. Die Idee, daß sich letztlich alle Naturgesetze mit Hilfe von mathematischen Modellen und Gleichungen immer hinreichend genau berechnen lassen, wenn nur die dazu notwendigen Messdaten mit genügend genauer Präzision bekannt seien, sitzt bis in die heutige Zeit in unserem physikalischen Verständnis der Dinge fest. Und das ist nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, welche Erfolge mit dieser Physik erzielt werden. Leider hat dieses Verständnis uns auch die allseits bekannten Probleme der zunehmenden Umweltbelastungen gebracht, die fälschlicherweise oft als der Fluch der Technik bezeichnet werden. Dabei liegt die Ursache dafür nicht in der gerne verteufelten Technik, sondern vielmehr in der fundamental reduktionistischen Weltanschauung, wie wir sie heute haben.

Die Natur lässt sich nicht immer so beschreiben, wie wir das gerne hätten. Die Auffassung, alle Materie sei letztlich nur aus einer Ansammlung von sogenannten toten Elementarteilchen aufgebaut, bei der die Rolle eines Wesens oder einer Bedeutung derselben keine oder nur eine untergeordnete Bedeutung erlangt, beginnt von immer mehr Seiten brüchig zu werden. Die bisher scheinbar objektive Betrachtungsweise unserer wahrnehmbaren Welt verschwimmt zunehmend, je näher wir versuchen, in die mikro- und makroskopischen Bereiche vorzudringen.

Das Dilemma, in dem sich die Physik heute befindet, ist nicht eine kompliziert erscheinende Welt, sondern ihre fragmentarische Betrachtungsweise von scheinbar leblosen Einzelteilen. Seit DEMOKRIT wird versucht, alle bekannten und anerkannten Erscheinungen in Fragmente zu zerlegen, die dann im einzelnen und als abgeschlossenes System betrachtet werden. Ereignisse oder Erscheinungen, die sich nicht fragmentieren lassen, können so von

* André Waser, Birchli 35, CH-8840 Einsiedeln; aw@andre-waser.ch

offizieller Seite nicht anerkannt werden, weil sie keinen Platz in unserem reduktionistischen Weltbild haben.

Die Fragmentierung oder Zerteilung ist ein wesentliches Hindernis zu einem ganzheitlichen Verständnis der Natur. Denn durch die Teilung oder Zertrümmerung eines Systems oder eines Organismus geht ein wichtiger Teil an Information verloren. Obwohl vielleicht die Gesamtzahl der Fragmente wieder ein Ganzes ergäbe, besitzt das Ganze mehr Wert als seine isolierten Einzelteile. Jedes Fragment, eingebettet in einem System, besitzt außer seiner äußeren Erscheinung auch eine Bedeutung, die bei einer Teilung verloren geht. Ein neuer Ansatz zur Beschreibung der Natur und ihr Verhalten muss auf einer ganzheitlichen Ebene gelöst werden, bei der die reduktionistische Idee nur einen Platz unter vielen hat.

Solche Ideen sind in der Physik nicht neu. Spätestens nach der Formulierung der Quantentheorie und den daraus abgeleiteten Konsequenzen, haben einige Umwälzungen stattgefunden, die jedoch im Laufe der Zeit leider wieder durch das reduktionistische Weltbild zerstreut wurden. So gibt man sich heute mit Dualismen wie Teilchen-Welle, Energie-Materie oder Körper-Geist zufrieden. Aber gerade solche Dualismen sind ein eindeutiger Hinweis darauf, daß eine Sache eine komplexe innere Struktur mit mehreren Seiten hat, je nach dem wie sich ein Beobachter dazu stellt.

In der Folge wurden die Experimente weiter perfektioniert, doch der Dualismus blieb vorhanden, als ob es letztlich nur noch vom Beobachter abhängt, welches Ergebnis am Ende des Versuches auftritt. Und darin liegt ein großer Verdienst der Quantentheorie, nämlich das Aufzeigen des Objektivitätsproblems. Plötzlich scheinen Messungen nicht mehr nur von dem zu messenden Fragment abhängig zu sein, sondern auf eine subtile Weise schleicht sich auch der Beobachter in die Messeinrichtung ein und beeinflusst das Messergebnis oder ein Ereignis. Leider sind diese Einwirkungen eines Beobachters erst bei Mikrodimensionen erkennbar. Bei der uns normal vertrauten physikalischen Welt ist diese Beeinflussung von völlig untergeordneter Bedeutung. Eine Analogie bietet sich aber im Alltagsleben. Fühlen Sie sich zum Beispiel von jemand anderem beobachtet, so werden Ihre Handlungen meistens auch vom Beobachter mit beeinflusst. Doch ich glaube, am Besten wird das Dilemma der Quantentheorie am Beispiel von SCHRÖDINGER's Katze aufgezeigt [4].

Der Physiker Erwin SCHRÖDINGER schlug dabei folgendes Gedankenexperiment vor: Eine lebende Katze werde in einer Kiste zusammen mit einer Zyanidampulle eingeschlossen. Die Ampulle ist an einem Mechanismus derart angeschlossen, daß sie zu irgend einem zufälligen Zeitpunkt zerbricht. Durch das ausströmende Gas wird die Katze getötet. Die Kiste ist so konstruiert, daß von außen keine Informationen über den Zustand der Katze verfügbar sind. Ein Außenstehender weiß solange nicht, ob die Katze tot ist oder noch lebt, bis er die Kiste öffnet. Das Problem liegt darin, daß der Zustand der Katze solange nicht bekannt ist, wie sie in der verschlossenen Kiste gefangen ist. Von dem Moment an, wo die Kiste verschlossen wird, haben die Aussagen, die Katze lebt oder die Katze ist tot, die gleiche Wahrscheinlichkeit. Oder anders gesagt, der Zustand der Katze erscheint unbestimmt oder verschmiert zwischen tot und lebend. Obwohl als innerhalb der Kiste jederzeit der Zustand wohl determiniert ist, gilt das nicht mehr für den Beobachter außerhalb. Erst wenn der Beobachter die Kiste wieder öffnet, erzwingt er eine Aussage (Systemzustand) über den Zustand der Katze. Erst der Beobachter bestimmt durch seine aktive Anwesenheit, wann und auf welche Weise das System kippt und übt somit seinen direkten Einfluss aus.

Wir sehen schnell, daß dieses Problem mit normalen reduktionistischen Methoden nicht mehr befriedigend behandelt werden kann. In einem Fall ist die Kiste ein geschlossenes System mit einem externen Beobachter, wo keine Information nach außen gelangen kann.

Das ist letztlich gleichbedeutend mit der Tatsache, in der Kiste sei alles mögliche oder sogar überhaupt nichts enthalten. Erst in dem Moment, wo der Beobachter in das System miteinbezogen wird, wo also letztlich aus einem geschlossenen System ein Offenes wird, können genauere Aussagen über seine Struktur und seinen Zustand gemacht werden. Weil jetzt der Beobachter mit zum System gehört, verliert er automatisch seine absolute Objektivität, wie sie aber in der klassischen reduktionistischen Physik unabdingbar gefordert wird.

Das Realitätsproblem der heutigen Physik

Das Beispiel mit SCHRÖDINGER's Katze zeigt die Problematik, welche bei einer objektiven Definition einer Realität auftritt. Solange sich der Beobachter isoliert außerhalb eines geschlossenen Systems befindet (Bild 1a), ist er überhaupt nicht in der Lage, irgend welche Aussagen über das System zu machen, gerade weil bei einem geschlossenen System keine Informationen zu- oder abfließen können. Dies ist gleichbedeutend mit der Nicht-Existenz eines Systems. Wenn keine Informationsflüsse mit einem Bereich stattfinden, wird dieser von keinem Beobachter wahrgenommen. Eine völlig objektive Beurteilung eines geschlossenen Systems ist von außerhalb überhaupt nicht möglich. Um Aussagen über ein Systems machen zu können, muss der Beobachter mit in das System hineingezogen werden. Aus dem geschlossenen System wird ein für den Beobachter offenes System. Der Beobachter bestimmt den Systemcharakter mit und kann nicht völlig abgetrennt werden, seine Objektivität wird zu einer Frage des Standpunktes. Dieser Sachverhalt gilt ganz allgemein.

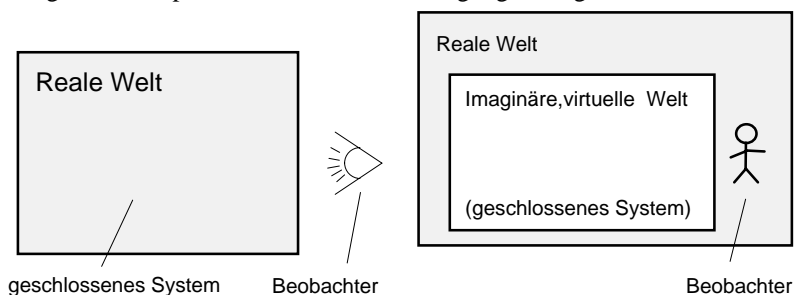


Bild 1a,b

Es gibt prinzipiell keine Möglichkeit, ein geschlossenes System zu beobachten. Daraus kann man folgern, daß jedes reale (also beobachtete) System ein offenes System ist. Man kann sogar weiter sagen, daß geschlossene Systeme zwar existieren mögen, daß sie aber keinen Platz in einer realen Welt haben.

Wie geht die heutige Physik mit diesem Problem um? Die Lösung besteht bis jetzt darin, den Beobachter mit in die reale Welt hineinzugehen und sich eine Modellwelt (imaginäre, scheinbare Welt), wieder als geschlossenes System, vorzustellen, die der realen Welt möglichst genau gleicht (Bild 1b). Man macht sich ein Modell einer abgeschlossenen Scheinwelt mit einem externen Beobachter, welche beide Bestandteil der realen Welt sind. Diese Modellvorstellung hat sich zum Teil sehr erfolgreich bis in die heutige Zeit halten können.

Dabei ist der Widerspruch, der in einer solchen Vorstellung steckt, anhand von Bild 1b deutlich sichtbar. Denn wiederum hat man ein geschlossenes System mit einem davon isolierten Beobachter, was letztlich zu widersprüchlichen Aussagen führen muss. Denn wie wir bereits wissen, muss der Beobachter immer ein Teil des Systems sein, wenn er darüber eine Aussage machen will.

Endophysik

Als Endophysik wird die Physik bezeichnet, welche in den Modellvorstellungen noch einen Schritt weiter geht (Bild 1c), und die aus der Philosophie bekannten Theorien zu autopoietischen Systemen [6] mit einbezieht. Die Beziehung zwischen Beobachter und System wird zunächst um eine Dimension erweitert. So wird wiederum eine Ebene tiefer eine zweite imaginäre Welt (2) mit einem dazugehörigen Beobachter (2) in der Ebene der ersten imaginären Welt (1) eingebunden. So folgt für den Beobachter 1 auf den ersten Blick der gesuchte Fall, nämlich ein gemeinsames System zwischen dem Beobachter 2 und der imaginären Welt 2. Doch dieses Vorgehen löst das Problem noch nicht, denn genau genommen gilt für den Beobachter 2 immer noch das Ausschließungsprinzip aus der imaginären Welt 2. Das Modell wurde lediglich verfeinert. Stellen wir uns vor, diesen Schritt immer weiter zu führen, also nicht bei der Ebene 2 Halt zu machen (Bild 1d). Diese Verschachtelung kann unendlich oft erfolgen und das Resultat daraus ist eine eingefaltete Wirklichkeit, in der die eine Welt immer als Abbild ihrer selbst mit dem Beobachter ist. Durch dieses Einfalten des Beobachters, zusammen mit den Abbildern der realen Welt erfolgt letztlich der gesuchte Effekt, nämlich die Verbindung zwischen dem System und dem Beobachter. Der Beobachter selbst wird zu einer Systemgröße und erhält jetzt die Möglichkeit, im System mitzuwirken. Ein Informationsfluss von innen nach außen wird möglich. Es leuchtet ein, daß der Beobachter um so mehr ins Gewicht fällt, je präziser seine Beobachtungen sein sollen, denn das Messresultat hängt nicht nur von den Eigenschaften des zu messenden Systems sondern auch von den Eigenschaften des Beobachters ab. Das kann soweit führen, daß die Eigenschaften des Beobachters zu dominieren beginnen, und er letztlich mehr sich selbst beobachtet als das zu messende System.

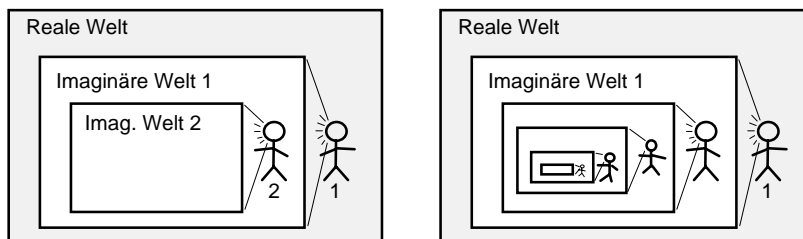


Bild 1c, d

Die verborgene Ordnung

Dieses Verschachteln (→Einfalten) erscheint wie eine Ordnung der Natur [1]. Wie erwähnt, besteht die Natur nicht nur aus zufällig zusammengebastelten Einzelteilen, die wiederum ganz zufällig zu dem zusammenwachsen, was wir heute als unsere Welt wahrnehmen. Von der höchsten bis hinunter in die tiefsten Ebenen wiederholen sich die Strukturen immer wieder. Das führt zur Vorstellung, die zugrunde liegende, treibende Energie sei nicht auf reduktionistische Weise fragmentiert, sondern in jedem noch so kleinen Teil sei die Information des Ganzen wiederzufinden. Ähnlich einem Hologramm ist die Information über das ganze Universum überall in jedem noch so kleinen Raumelement eingefaltet und bleibt so mit jedem anderen Teil in Verbindung. (Ein Weltanschauung, die sich mit fast allen bekannten Religionen ohne Probleme in Einklang bringen lässt.) Damit diese verborgene

Ordnung nach außen gelangen kann, muss die Möglichkeit der Entfaltung gegeben sein. Wie soll man sich dieses Entfalten vorstellen?

Bevor wir uns weiteren abstrakten Beispielen zuwenden, können einige Beispiele aus unserer vertrauten Welt angeführt werden. Ein allgemein bekanntes Gerät in der heutigen Zeit ist der Computer. Betrachten wir den Speicher als der Ort, wo die Information in einem eingefalteten Zustand vorliegt, so wird diese mit Hilfe einer Software entfaltet und in einer oder mehreren Formen am Bildschirm dargestellt. Eine andere Art von Entfaltung, wie wir sie alle kennen, ist die Intuition. Das Wissen, das schon vorher in einem eingefalteten Zustand in uns selbst enthalten ist, wird plötzlich entfaltet und zeigt sich wie aus dem Nichts in einem Gefühl oder einem Gedanken. (Ich halte die Intuition, als Entfaltung des inneren Wissens, für die treibenste Kraft der Kreativität an sich.) Ein weiteres Beispiel der Entfaltung ist der Fernseher, welcher die in elektromagnetischen Wellen eingefalteten Informationen wieder entfaltet und auf der Bildröhre darstellt.

Wie aus diesen drei Beispielen ersichtlich ist, braucht es immer einen Übersetzungsvorgang um von der Einfaltung zur Entfaltung zu gelangen. Das gleiche gilt im umgekehrten Sinne. Dies stellt die wesentliche, innere Ordnung des Ganzen selbst dar: Ein kontinuierliches Ein- und Entfalten auf allen Ebenen. Die Information des Ganzen bleibt nicht einfach gleichmäßig verteilt sondern ist in einer ständigen Bewegung. Diese Idee hat durchwegs einen vernünftigen Charakter. Denken wir zum Beispiel an die Spur eines Elektrons im Vakuum. Man kann sich vorstellen, daß sich ein Elektron an einer bestimmten Stelle aus dem Vakuum entfaltet, gleich darauf wieder einfaltet um sich an einer benachbarten Stelle wieder zu entfalten. Nach wiederholtem Vorgang sieht das wie die Spur eines einzelnen Elektrons aus. Gleich zwei Dinge können aus dieser Vorstellung abgeleitet werden. Zum einen kann man so verstehen, daß ein Elektron tatsächlich wie ein Teilchen oder wie eine Welle erscheinen mag. Zum anderen ist erkennbar, daß sich unbelebte Materie durch Ein- und Entfaltung wieder selbst reproduziert. Die Frage nach dem Motor dieser hier beschriebenen Ein- und Entfaltbewegungen kann vielleicht mit Hilfe von geschichteten Regelkreissystemen beantwortet werden.

Geschichtete Regelsysteme

In diesem Abschnitt soll der Begriff "Regelsystem" genauer analysiert werden. Die daraus abgeleiteten Erkenntnisse definieren letztlich selbst wieder ein System, womit sich der Kreis des ganzheitlichen Prinzips schließt.

- a) Ein System hat eine bestimmte Bedeutung, was durch seine spezifischen Eigenschaften zum Ausdruck kommt.
- b) Ein System braucht immer mindestens einen Ein- und/oder Ausgang, was durch eine Kommunikation gegen außen über seine spezifischen Wechselwirkungen geschieht. Hat ein System keine Wechselwirkungen, so ist das gleichbedeutend mit seiner Nicht-Wahrnehmbarkeit, oder konsequenter gesagt, mit seiner Nicht-Existenz.
- c) Ein System besitzt eine innere Struktur. Das bedeutet, es ist wiederum aus mehreren Untersystemen aufgebaut.

Vor allem in Punkt c) tritt deutlich das verschachtelte Prinzip der inneren, verborgenen Ordnung hervor. Diese Schichtung führt, zusammen mit b) wieder wie in Abschnitt 2 zu dem Schluss, daß ein System immer offen sein muss, wenn es existent sein will. Die gegenseitigen Wechselwirkungen können nur dann zu stabilen Ein- und Entfaltungsvorgängen werden, wenn eine gegenseitige Regelung stattfindet. Man könnte also ein System als ein Regelkreis

definieren (Bild 2a). Ein Regelkreis besitzt in der technisch dargestellten Form immer mindestens einen Ein- und Ausgang. Der Ausgang steht in einer festen Beziehung zum Eingang und zu sich selbst. Wir werden später sehen, daß diese feste Beziehung sich unter gewissen Umständen auch stark auflösen kann, aber nie ganz verschwinden wird. Indem der Ausgang auch von sich selbst abhängig ist, wird der sich selbst reproduzierende Charakter eines Regelkreises offenbar.

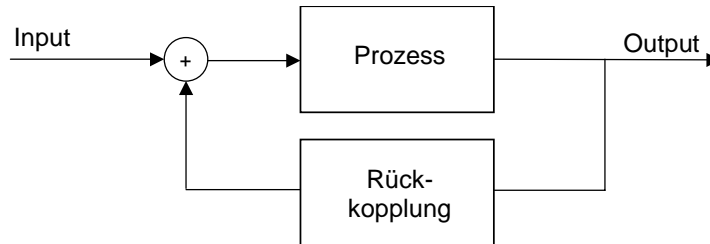


Bild 2a: Grundsätzliche Struktur eines Regelkreises

Jeder Regelkreis kann in mindestens zwei funktional verschiedene Teile anschaulich zerlegt werden: in einen zu regelnden Prozess, der die Information des Eingangs nach irgend einer Entfaltung weiter an den Ausgang leitet, und den Rückkopplungspfad, der die Informationen des Ausgangs wieder eingefaltet zu der Eingangsinformation hinzufügt. Die ständige Ein- und Entfaltung wird hier wiederum sichtbar.

Eine Gruppe von Systemen, welche als eine höhere Ordnung eingestuft werden kann, wird so zu einem vernetzten und verschachtelten Regelkreis. Gerade die Formulierung eines Systems als Regelkreis drückt eine höhere, stabilere Ordnung aus, welche sich durch eine ständige Reproduktion seiner Bedeutung manifestiert. Die innere Ordnung und die damit wahrnehmbare Struktur kann in aufsteigender Folge der Schachtelung zunehmen.

Der Regelkreis veranschaulicht gut die Zusammenhänge von der inneren Struktur mit der Ein- und Entfaltung und dem Informationsfluss gegen außen. Was nicht direkt aus der Darstellung in den Bildern 2 und 2b zu erkennen ist, ist die Bedeutung und die daraus abgeleiteten Eigenschaften eines Systems. Man kann sich jedoch die Bedeutung eingefaltet in den Strukturelementen des Regelkreises vorstellen. Die Bedeutung wird also erst durch die Unter-Ganzheiten oder Unter-Systemen definiert, denn jedes Strukturelement besteht wiederum aus Regelkreisen einer tieferen Schichtung (und so fort). Auch in diesem Beispiel tritt der Ganzheitscharakter von ineinander gekoppelten Regelsystemen also wieder zum Vorschein. Doch daraus lässt sich noch mehr ableiten.

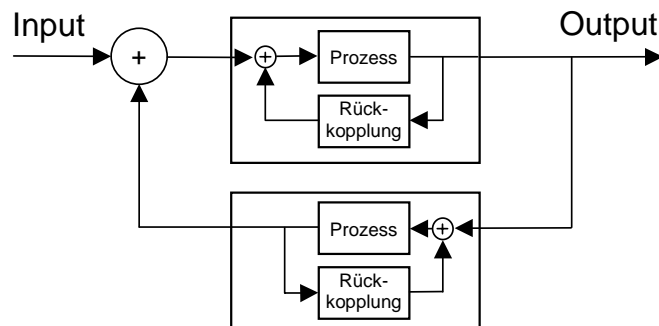


Bild 2b: Mehrfach geschachtelter Regelkreis

Genau genommen liegt die Bedeutung eines Regelkreises wohl darin, ein Gleichgewicht anzustreben, es aber nie genau zu erreichen, sondern immer um einen oder mehrere Punkte seiner Ruhelage zu schwingen. Diese Schwingungen (Ein- und Entfalten) sind letztlich die Voraussetzung für alles Leben und jeglicher Bewegung überhaupt. Ein Regelkreis, der zufällig dieses Gleichgewicht erreicht, kollabiert in dem Moment zu einem bedeutungslosen Nichts, denn er hat seine Aufgabe (Bedeutung) zu dem Zeitpunkt verloren, wo er nichts mehr zu regeln hat.

Es scheint also, daß die Bedeutung eine ganz zentrale Rolle in einem ganzheitlichen Weltbild spielt. Eine Bedeutung manifestiert aber auch eine Art Wissen. Die ganze, für uns wahrnehmbare Welt, ist letztlich auf einem Wissen aufgebaut, welches in holografischer Weise in jedem denkbaren betrachteten Ausschnitt wieder zu finden ist. Um diese Komponente mit in die uns heutige Vorstellung der realen Welt mit einzubeziehen, betrachten wir die Darstellung in Bild 3. Durch die Koexistenz von den drei uns bekannten Begriffen der Energie, Materie und Wissen (Bedeutung) kann von einer weiteren Vereinheitlichung gesprochen werden. Mit dem Einbezug des Wissens wird unsere bisher tote Welt von innen her zum Leben erweckt. Erst durch das sich immer wieder ein- und entfaltende Wissen in jeder wahrnehmbaren Stufe wird ein bisher statisches Weltbild durch ein dynamisches, bewegtes Weltbild ersetzt, in dem prinzipiell alle notwendigen Funktionen zur Evolution und Reproduktion gegeben sind (In diesem Zusammenhang möchte ich unbedingt auf die Literatur [1] und [8] verweisen.).

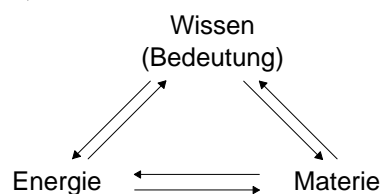


Bild 3

Die Struktur der Schichtung

Die Schichtung, oder Verschachtelung, wie sie bis jetzt immer wieder beschrieben wurde, hat einige Strukturen, deren weitere Betrachtungen sich unbedingt lohnen.

Information und Entropie

Es sind für alle geschichteten Systeme zwei Informationsrichtungen denkbar, die sich grundsätzlich unterscheiden. Die eine Richtung ist der Informationsstrom von höheren

Schichten hinunter in tiefere Schichten. Das ist - gemäß der Regelkreisvorstellung - ein aktiver Anstoß an das Gesamtsystem, der sich immer weiter in die tieferen Schichten nach unten verzweigt. Dieser abwärtsgerichtete Informationsstrom gilt als Eingangsimpuls an das geschichtete Regelsystem, welcher aktiv zur Entfaltung des Wissens in den einzelnen Stufen führt. Es ist ein anregender Strom, der erst durch das System verarbeitet werden muss, bevor es seine Antwort in Form eines aufwärts gerichteten Informationsstromes geben kann. Der Aufwärtsstrom unterscheidet sich allerdings vom Abwärtsstrom derart, daß er geänderte Informationen enthält, die durch den Regelvorgang erst umgefaltet wurde. Es findet eine innere Informationsabsorption statt, was einem Export von Unordnung als Resultat der inneren Strukturbericherung gleichkommt. Der Aufwärtsstrom gilt als Reaktion und definiert somit das Kausalitätsprinzip mit der Irreversibilität der Vergangenheit.

Der Zeitbegriff

Die Zeit wird erst durch den Regelcharakter des ganzheitlichen Systems definiert. Die Zeit kann so nicht die fundamentale Bedeutung zu haben, die wir ihr attestieren. Es ist sogar möglich, daß die innere Zeit nicht in jedem System gleich ist. Es muss nur die Bedingung erfüllt sein, daß die äußere Zeit eines Systems wieder die innere Zeit eines in der Schichtung höher liegenden Systems hineinpasst. Die Zeit verliert so ihren absoluten Charakter und divergiert mit zunehmender Tiefe der Schichtung. Die Zeit hängt in beklemmender Weise von der zu betrachtenden Schichtung ab.

Reproduktion und Rekursion

In den vorangegangenen Abschnitten ist immer wieder von sich selbst reproduzierenden Systemen die Rede. Diese Selbstreproduktion enthält als zentrales Element die Rekursion. Eine Rekursion beinhaltet als kennzeichnende Funktion die Rückführung eines Ausgangs zurück an den Eingang, analog zum bekannten Regelkreis. Mit diesem Prozess wird automatisch der Zeitbegriff in der betrachteten Ebene eingeführt, denn eine Rekursion ist per Definition nur in nachgeschalteten Zeitintervallen möglich. Ansonsten würde das Kausalitätsprinzip von Ursache und Wirkung verletzt.

Die rein reduktionistische Anschauung verlangt die Reversibilität (Zeitumkehrbarkeit) von physikalischen Prozessen. Mit dem ganzheitlichen Modell wird aber im Sinne einer ständigen Weiterentwicklung des Wissens im gesamten System, durch die rekursiven Vorgänge, gerade das Gegenteil eingeführt. Alle Abläufe sind in der ganzheitlichen Theorie streng genommen irreversibel. Reversible (und somit auch im klassischen Sinne deterministische) Prozesse sind nur eine Näherung, bei der die irreversiblen Vorgänge in den tieferen Schichten unberücksichtigt bleiben. Somit kann schon hier das erste mal den Schluss gezogen werden, daß eine deterministische Naturbeschreibung immer nur eine vereinfachte Lösung darstellt.

Wachstum von Populationen

In einem einfachen, idealisierten Modell des Wachstums wird die Population einer Tiersorte beobachtet, die sich immer nach einem konstanten Zeitintervall (zum Beispiel ein Jahr) einmal vermehrt. Auch die Einflüsse aller Umweltfaktoren treten nur einmal in diesem Zeitintervall auf. Nehmen wir an, die Population vermehrt sich mit der einfachen Beziehung:

$$X_{n+1} = A \cdot X_n \quad (0.1)$$

mit

X_{n+1} : Population nächstes Jahr

X_n : Population heutiges Jahr
 A: Wachstumsfaktor

Führen wir eine wachstumshemmende Funktion ein, die stellvertretend für die natürliche Dämpfung gelten soll, so wird die Modellfunktion:

$$X_{n+1} = A \cdot X_n (1 - X_n) \quad (0.2)$$

Es ist zu beachten, daß die Werte der Geburtenrate nur zwischen Null und Eins einzusetzen sind. Ein Wert von Eins bedeutet, daß die Population auf 100% ihres Maximalbestandes angewachsen ist. Dieses Vorgehen wird in der Mathematik allgemein Renormierung genannt.

Wir wollen hier nicht weiter in die mathematischen Details dieser Modellfunktion (welche seit 1845 als die VERHULST-Gleichung^[2] bekannt ist, nach dem belgischen Mathematiker Paul François VERHULST^[8]) eindringen sondern deren Verhalten ein wenig näher betrachten.

Die einzige Variable in dieser Modellgleichung ist der Wachstumsfaktor A, welcher der Geburtenrate entspricht. Die Eingangsgröße ist jeweils der Bestand des heutigen Jahres X_n , die Ausgangsgröße der Bestand des nächsten Jahres X_{n+1} . Durch die rekursive Verknüpfung kann so ohne weiteres der Bestand des übernächsten Jahres u.s.w. berechnet werden. Diese Funktion kann einfach mit einem gängigen Taschenrechner programmiert werden.

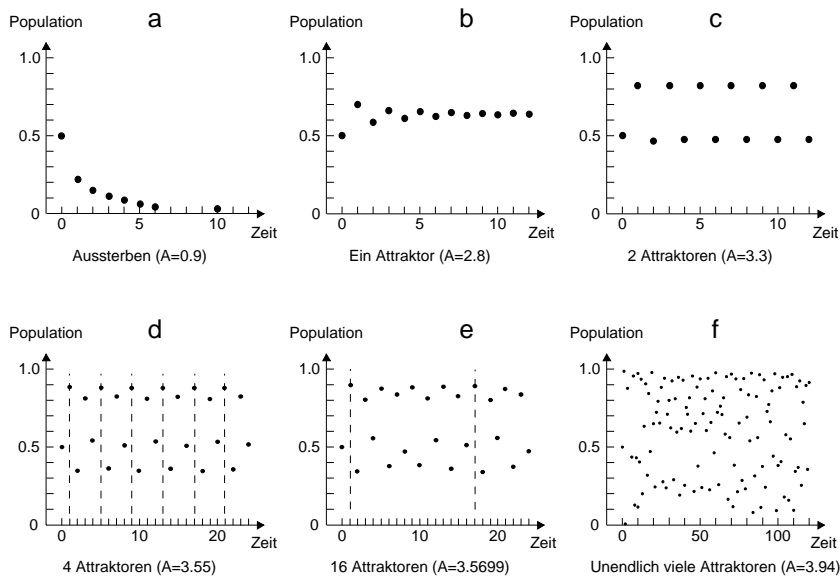


Bild 4: Entwicklung einer Population je nach Wachstumsfaktor

Beginnen wir mit einer Geburtenrate von $A < 1$ so strebt der Bestand unabhängig von der Anfangspopulation X_0 in jedem Fall gegen Null. Die Kolonie stirbt langsam aus (Bild 4a).

Für $A > 1$ wird die Sache schon etwas interessanter. Die Population strebt nach einigen Jahren einem stabilen Endwert von ca. 0.6 zu, und zwar nach genügend langer Zeit wiederum unabhängig von der Anfangspopulation (Bild 4b). Je größer die Geburtenrate gewählt wird, um so mehr neigt die Population zum Schwingen, um sich letztlich bei einem konstanten Bestand einzufinden. Die Endpopulation ist nach genügend Zyklen immer unabhängig von

der Anfangspopulation. Dazu sagt man, das System nähert sich einem Attraktor. Der Attraktor ist in diesem Fall ein einzelner Wert, welcher der Endpopulation entspricht.

Lassen wir die Geburtenrate über 3.0 anwachsen, so strebt das System nicht mehr nur einem, sondern abwechselungsweise zwei verschiedenen Endpopulationen zu. Man kann sagen, das System pendelt regelmäßig (oszilliert) zwischen zwei Zuständen hin und her (Bild 4c). Der Attraktor besteht jetzt nicht mehr nur aus einem sondern aus zwei Punkten. Diesem Phänomen nennt man eine Periodenverdoppelung. Die Anzahl Attraktorpunkte haben sich verdoppelt.

Die nächste Periodenverdoppelung tritt bei einer Geburtenrate $A > 3.4495$ auf. Die Anzahl Attraktoren ist jetzt bei vier verschiedenen Endpopulationen (Bild 4d).

Für $A > 3.56$ werden auch diese Schwankungen wiederum instabil und es treten acht Attraktoren auf. Für $A > 3.569$ schließlich sind es $16 = 2^4$ Endpopulationen (Bild 4e). Das System hat jetzt 4 Periodenverdoppelungen hinter sich.

Dieses Spiel kann beliebig weiter fortgesetzt werden. Doch die schön einfache Struktur der Periodenverdoppelungen bricht für $A > 3.57$ plötzlich zusammen. Die Population springt von Jahr zu Jahr zufällig hin und her, ohne daß ein eindeutiges Muster erkennbar wäre. Die Anzahl der Attraktoren wird unendlich groß. Das Verhalten der Population ist chaotisch (Bild 4f).

Übergang ins Chaos

Für eine weitere Diskussion lohnt es sich, die Anzahl und Lage der Attraktoren in Abhängigkeit mit der Geburtenrate in einem Diagramm aufzuzeigen (Bild 5). Dieses Bild ist unter der Bezeichnung Feigenbaum (nach dem Amerikanischen Mathematiker Mitchell J. FEIGENBAUM^[3]) bekannt und wird generell als "seltsamer Attraktor" bezeichnet^[2]. Wenden wir uns im folgenden einmal diesem seltsamen Attraktor zu.

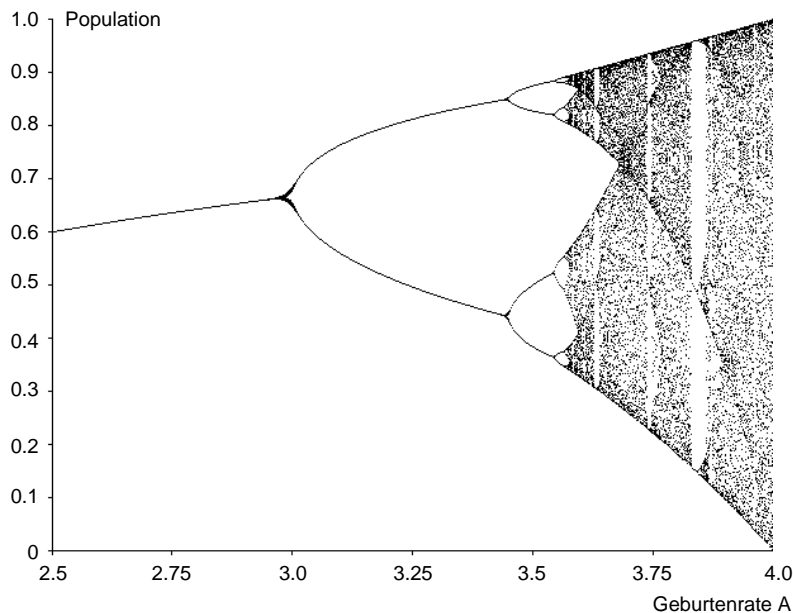


Bild 5: Seltsamer Attraktor – Feigenbaum

Zuerst ist noch ein weiterer Begriff aus der Chaostheorie einzufügen. Wie aus Bild 5 gut ersichtlich ist, treten die Periodenverdoppelungen jeweils miteinander bei einer ganz bestimmten Geburtenrate auf, bis das ganze in einem chaotischen Verhalten endet. Diese Stellen, wo wieder eine Periodenverdoppelung stattfindet, werden ganz allgemein als Bifurkationspunkte bezeichnet. Im Rahmen der Chaosforschung wurde eine universelle Konstante im Zusammenhang mit diesen Bifurkationspunkten entdeckt. Unabhängig von dem zu untersuchenden System ist die Periodenverdoppelung immer der Weg, der letztlich ins Chaos führt. Diese systemunabhängige Konstante wird auch Feigenbaum-Konstante genannt. Sie bedeutet, daß das Verhältnis der Bifurkationsstellen immer gleich einer universellen Zahl ist. Diese Zahl ist ebenfalls eine irrationale Zahl (wie π). Sie kann nicht explizit berechnet werden.

In unserem Populationsbeispiel wird die Feigenbaum-Konstante gefunden, indem der Abstand auf der Geburtenrate-Achse zwischen zwei beliebigen Bifurkationsstellen mit dem Abstand bis zur der nächstfolgenden Bifurkationsstelle dividiert wird. Obwohl ein eindeutiger Beweis bis heute fehlt, scheint diese Symmetrie in allen Systemen zu stecken, die letztlich im Chaos enden. Selbst im chaotischen Verhalten ist implizit eine Ordnung enthalten.

Im chaotischen Bereich ist deutlich eine gewisse Häufigkeit der Attraktorpunkte zu sehen, welche sich als eine etwas dunklere Linie vom Rest abhebt. Auch hier kann immer noch eine Struktur erkannt werden. Aus diesem seltsamen Attraktor ist nicht nur der Wechsel von einem geordneten in ein chaotisches Verhalten zu sehen, sondern auch das Gegenteil.

Übergang zur Ordnung

In dem chaotisch erscheinenden Bereich sind zwischendurch schmale Fenster zu sehen. In diesen Bereichen ist für einen kleinen Ausschnitt die Ordnung wieder hergestellt. Vergleichen Sie dazu Bild 6, welcher ein vergrößerter Ausschnitt aus Bild 5 darstellt. Darin ist deutlich der abrupte Wechsel von einem verschmierten Attraktor zu drei Attraktorpunkten zu sehen. Dieses Phänomen heißt Intermittenz. Das System scheint sich plötzlich wieder einer Ordnung zu erinnern um schließlich nach weiteren Periodenverdoppelungen wieder im Chaos zu verschwinden. Diese schmalen Bänder der Intermittenz scheinen ebenfalls eine universelle Eigenschaft von chaotischen (nicht zufälligen) Schwingvorgängen zu sein.

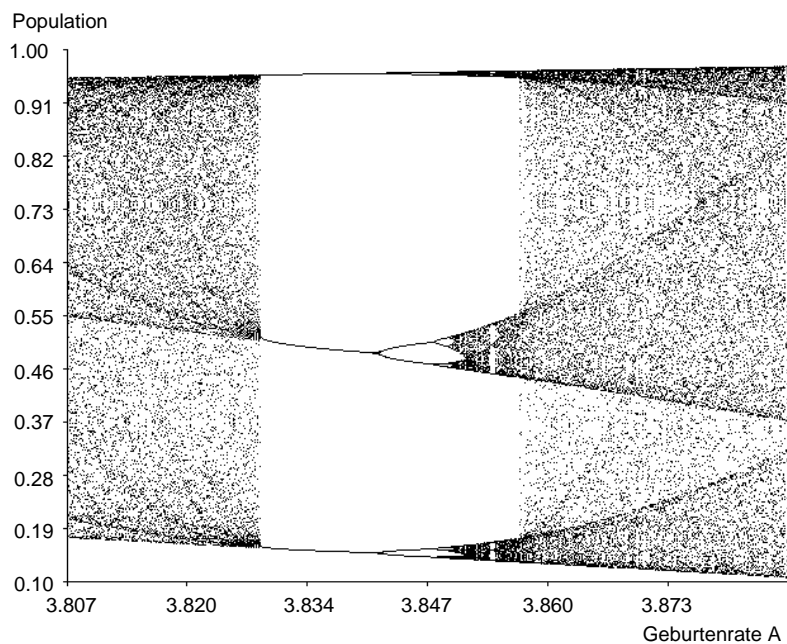


Bild 6: Intermittenz im seltsamen Attraktor

Im Gegensatz zu expliziten Lösungen haben rekursive (implizite) Lösungen immer eine Art von Erinnerung, die durch die Rückführung des Ausgangs an den Eingang immer wieder am Regelprozeß miteinbezogen wird. Die Ordnung geht nur scheinbar durch die unendlichen Periodenverdoppelungen verloren, ist aber immer implizit vorhanden. Dieser Sachverhalt zeigt sich am besten an den etwas dunkleren Linien, die eine Häufigkeit von den Systemzuständen entsprechen. Immer da, wo sich solche Linien mit gleicher Steigung schneiden, tritt eine Intermittenz auf. Sehr gut sieht man das, wenn eine Sinusfunktion wieder auf sich selbst zurückgeführt wird. Auch da sind solche seltsamen Attraktoren mit Periodenverdoppelungen und Intermittenzen möglich (Bild 7).

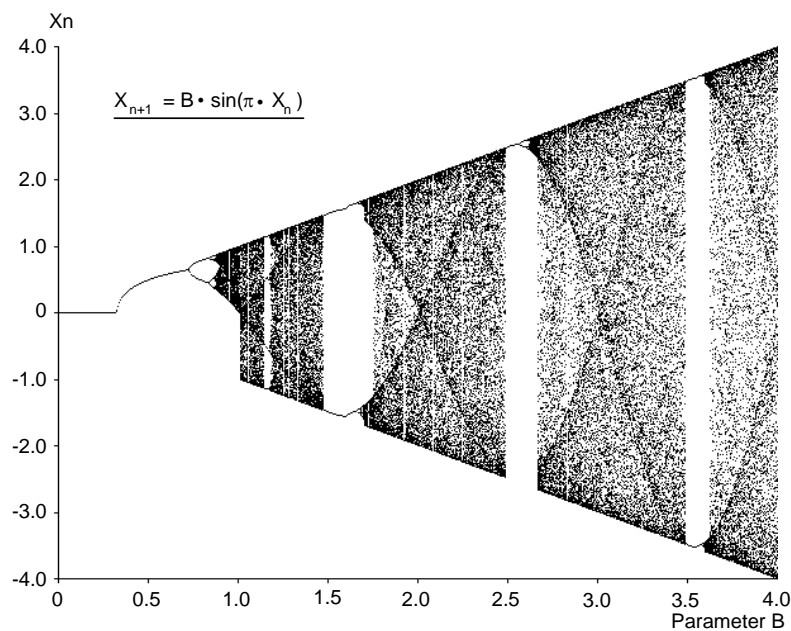


Bild 7: Attraktor mit Sinus-Funktion

Unter der Intermittenz kann man sich auch eine Schwebung vorstellen, in der sich die Periodenverdoppelungen gegenseitig auslöschen.

Noch ein weiteres Merkmal lässt sich aus den seltsamen Attraktoren herauslesen. Die Struktur des Attraktors wird in immer kleineren Abständen wiederholt. Diese Selbstähnlichkeit in verschiedenen Größenordnungen kennen wir schon aus vorangegangenen Betrachtungen mit den geschichteten Regelsystemen oder aus der Natur ganz allgemein. (z.B. an den Videofilm "10 hoch 10", herausgegeben von der Zeitschrift Spektrum der Wissenschaft.) Die wiederholte Abbildung von selbstähnlichen Strukturen ist ebenfalls eine universelle Eigenschaft von seltsamen Attraktoren.

Ordnung

Das wesentliche Element, welches aus der Chaosforschung gewonnen werden kann, ist die Tatsache, daß sich rückgekoppelte Regelsysteme zwar völlig chaotisch verhalten können, die innere Ordnung aber nie vergessen geht. Diese Aussage ist von fundamentaler Bedeutung.

In der klassischen Physik wird a priori die generelle Zunahme der Unordnung proklamiert, was zur Formulierung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik geführt hat. Demgegenüber steht die ganzheitliche Vorstellung, bei der die Ordnung insgesamt nicht abnimmt und immer eingefaltet in allen Schichtungen vorliegt. Diese Aussage wird eigentlich schon dadurch unterstützt, daß es offensichtlich Leben gibt. Denn allein die Existenz von Leben widerspricht den Grundlagen zum dem zweiten Hauptsatz. Irgendwo und Irgendwie muss wieder eine Rückführung der Ordnung von den inneren Schichten in äußere Schichten stattfinden. Mit dem Phänomen der Intermittenz scheint diese Vorstellung nicht so absurd zu sein.

Nehmen wir zum Beispiel die Wärme, welche nach der klassischen Physik als Endresultat aller physikalischen Prozesse übrigbleibt. Dieser Wärme wird ein Maximum an Entropie (Unordnung) zugeschrieben. Ein Maximum an Unordnung bedeutet nach der ganzheitlichen Vorstellung nur, daß sich das System in einem Zustand von chaotischem

Verhalten befindet. Das heißt nicht, daß es seine innere Ordnung verloren hat. Nur die äußere Ordnung, welche von einem System der höheren Schichtung wahrgenommen werden kann, erscheint in diesem Fall verloren. Ein Einzelereignis scheint nicht mehr genau vorhersagbar zu sein. Im Falle einer Intermittenz ist das nicht mehr so, und wie wir wissen, kann Intermittenz in jedem chaotisch schwingendem System auftreten. Das würde bedeuten, daß die äußere Ordnung plötzlich wieder hergestellt ist. Für ein System der höheren Schichtung wäre das gleichbedeutend zu einer Abnahme der Entropie. Als Bedingung dazu muss Wärme eine chaotische aber keine zufällige Energieform sein.

Im Gegensatz zur heutigen Auffassung wird im ganzheitlichen Prinzip der Zufall völlig abgeschafft. Denn ein Zufall, in uns bekanntem Sinne, bedeutet eine totale Zusammenhangelosigkeit, was dem ganzheitlichen Ansatz widerspricht. So sind auch nicht mehr Argumentationen mit der Statistik nötig, um die Unwahrscheinlichkeit einer Umkehrung von thermischen Prozessen zu beweisen. Die Wahrscheinlichkeit für ein Ereignis liegt nur in der Einfaltung der Ordnung. Das lässt sich allgemein anhand von Bild 5 sehr gut erklären. Im Bereich, wo nur ein Attraktor vorliegt, verhält sich das System deterministisch. Aber schon nach der ersten Periodenverdoppelung wird das System zweideutig. Die Wahrscheinlichkeit, das System zu einem bestimmten Zeitpunkt in einem voraussagbaren Zustand anzutreffen, hat sich halbiert. Das gilt nachfolgend für jede weitere Bifurkation, bis schließlich eine Voraussage total unmöglich wird. Die äußere Ordnung hat sich im System eingefaltet.

Auswirkungen

Die Auswirkungen eines ganzheitlichen Ansatzes (es muss nicht unbedingt der hier beschriebene Ansatz sein) zum Verständnis der Natur sind gewaltig. Doch die Aufgabe des fragmentierten Denkens und Handelns wird erst dann erfolgen, wenn die ganzheitliche Vorstellung unserer Umwelt bis tief in unser Bewusstsein gelangt ist.

Durch den Umstand, daß man sich nicht einfach um jeden Preis gegenüber der Umwelt abgrenzen will, werden auch neue Anwendungsbereiche erschlossen. Hier liegt in der Zukunft ein sehr großes Potential. Denn mit der ganzheitlichen Vorstellung verliert die Physik ihre absolute Vormachtstellung in den Naturwissenschaften. So werden vertieft wieder mehr interdisziplinäre Verbindungen zwischen den einzelnen Wissenschaftsbereichen möglich sein. Dadurch wird längerfristig die Akzeptanz für ungewöhnliche Erscheinungen, die heute noch als Para-Effekte abgestempelt werden, steigen. Einer davon, nämlich die Konvertertechnik der Freien Energie, möchte ich im folgenden Abschnitt näher beleuchten.

Beispiel : Das Vakuum

Aus der ganzheitlichen Sicht ist ein Vakuum im klassischen Sinne nicht möglich. Auch das Vakuum wäre einen Teil des Ganzen, vielleicht einfach aus einer noch tieferen Schicht als die, die uns bisher noch einigermaßen zugänglich sind. Das bedeutet automatisch, daß auch ein Vakuum eine Struktur und eine Bedeutung haben muss. So erscheint es nicht unbedingt unmöglich, daß mit eben diesem Vakuum ein Energiefluss zu- und abgeleitet werden kann.

Die Idee^{[7],[5]}, das Vakuum sei angefüllt mit Energie und besitze eine innere Struktur erscheint möglich. Diese Energie ist nicht direkt zugänglich, sondern über die Kette der Schichtung immer und immer wieder eingefaltet. Wir können uns schlecht vorstellen, wie wir auf diese Energie zugreifen können, noch weniger können wir uns vorstellen, in welcher Form diese Energie im Vakuum eingebettet ist. Aber letzteres ist wahrscheinlich auch nicht notwendig. Im Grunde genommen wissen wir ja auch nicht, wie es in einem Atom wirklich aussieht, niemand weiß das. Trotzdem hat man gelernt, in vielfältiger Weise damit umzugehen.

Wir brauchen die inneren Strukturen gar nicht so genau zu kennen. Selbst wenn wir das wollten, wird es uns wegen der Schichtung gar nie möglich sein. Doch was wir tun können, ist die Registrierung der Antworten eines geschichteten Regelsystems auf eintreffende Informationsströme. Was wir letztlich erreichen wollen, ist eine partielle Aufwärtsströmung der inneren Ordnung, so daß die äußere Ordnung zunimmt. Das ist letztlich zwar die Umkehrung des zweiten Hauptsatzes, verstößt aber nicht gegen den Energieerhaltungssatz. Das umgekehrte, nämlich die Abnahme der äußeren Ordnung dürfte allerdings wirklich nicht sehr schwer fallen (Wärme).

Um nun Ordnung von innen nach außen zu entfalten, haben wir aus der Chaostheorie die Intermittenz kennen gelernt. Man muss also das Vakuum so polarisieren können, daß eine Intermittenz auftritt, die dann gegen außen wahrgenommen werden kann.

Eine weitere effektive Methode, die bis jetzt nicht erwähnt wurde, ist ein sogenanntes Soliton. Ein rückgekoppeltes, nichtlineares System kann die Fähigkeit haben, sich selbst auf eine sehr stabile Weise immerwährend abzubilden. Die Selbstabbildung wird also gerade so synchronisiert, daß eine Interferenz mit sich selbst auftritt. Das klingt auf den ersten Blick unwahrscheinlich. Untersuchungen mit Wasserwellen haben gezeigt^[2], daß solche Solitonenwellen erzeugt werden können. Auch ein Wirbel gilt als ein sehr stabiles Soliton. Das berühmteste Beispiel dafür ist sicher der außergewöhnlich stabile, rote Wirbel auf dem Planeten Jupiter.

Wird eine Vakuumpolarisation derart zu Stande gebracht, daß sich solche Solitonen ausbilden, so ist eine Entfaltung der inneren Ordnung erreicht. Die Idee^{[2],[1]}, daß die Elementarteilchen eben solche Solitonen des Vakuums sind, drängt sich hier geradezu auf.

Danksagung

Ich danke Dipl. Ing. Norbert HARTHUHN für seine wertvollen Korrekturen zur ersten Auflage dieser Arbeit.

Referenzen

- [1] BOHM David und Donald FACTOR, „Die verborgene Ordnung des Lebens“, *Aquarim Verlag*, ISBN: 3-922936-66-0 (1988)
- [2] BRIGGS John und David PEAT, „Die Entdeckung des Chaos“, *Carl Hanser Verlag*, München, ISBN 3-446-15966-5
- [3] FEIGENBAUM Mitchell J., „The metric universal properties of period doubling bifurcations and the spectrum for a route to turbulence“, *Annals of the New York Acad. of Sciences* **357** (1980) 330-336
- [4] GRIBBIN John, „Auf der Suche nach Schrödingers Katze“, *Serie Piper*, München, ISBN 3-492-11353-2 (1991)
- [5] KING Moray B., „Tapping The Zero-Point Energy“, *Paraclete Publishing*, ISBN 0-9623356-0-6 (1989)
- [6] MATURANA H. und F. VARELA, „Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living“, *Boston Studies in the Philosophy of Science*, D. Reidel Publishing Co, Dordrecht **42** (1980)
- [7] RAFELSKI Johann und Berndt MÜLLER, „Die Struktur des Vakuums - Ein Dialog über das Nichts“, *Verlag Harri Deutsch*, ISBN 3-87144-888-5 (1985)
- [8] VERHULST Paul François, „Recherches mathematiques sur la loi d'accroissement de la population“, *Nouveaux Memoires de l'Acad. Royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles* **18** (1845) 3-38
- [1] ZYEHA Harald, „Ein kybernetischer Ansatz zum Realitätsproblem der Physik“, *raum&zeit* **57 & 58** (1992)