

ORDEN POUR LE MÉRITE
FÜR WISSENSCHAFTEN UND KÜNSTE

REDEN UND GEDENKWORTE

FÜNFUNDZWANZIGSTER BAND
1995

LAMBERT SCHNEIDER · GERLINGEN

REDE VON
HERMANN HAKEN

HERMANN HAKEN

SYNERGETIK: VON DER STRUKTURBILDUNG ZUR
STRUKTURERKENNUNG

Herr Bundespräsident, meine Damen und Herren!

Wenn wir uns in unserer Welt umblicken, so erkennen wir, daß diese keineswegs ein diffuses Gebilde ist. Ganz im Gegenteil besteht diese aus bestimmten Strukturen, zum Beispiel dieser schönen Universitätsaula. In unserer Umwelt sehen wir Gemälde, aber auch Autos, Fernseher usw. Alle diese Dinge sind von Menschenhirnen erdacht und von Menschenhänden geschaffen worden. Daneben gibt es aber vieles in dieser Welt, an deren Erschaffung der Mensch nicht beteiligt war. Denken wir nur an die ungeheure Fülle der Tier- und Pflanzenwelt, wofür der tropische Fisch von Abb. 1 (Seite 50) ein Beispiel sein möge. An ihm faszinieren uns seine Farben, aber auch seine Muster, in diesem Fall in Form einzelner Streifen. Für die Naturwissenschaftler erhebt sich natürlich die Frage, die Entstehung derartiger Strukturen zu erklären. Hierbei stand die Physik noch bis vor wenigen Jahrzehnten vor einem unlösbaren Dilemma, nämlich aufgrund allgemeiner Gesetze der Physik sollte die Strukturentstehung gar nicht möglich sein, sondern einmal entstandene Strukturen sogar zerfallen. Betrachten wir hierzu ein Beispiel, nämlich ein Gas in einem Behälter. Stellen wir uns vor, daß wir die Gasatome in Reih und Glied aufstellen können und alle mit



Abb. 1

der gleichen Geschwindigkeit loslaufen lassen. Wir haben dann einen hochgeordneten Zustand vor uns. Wie nun die Physik zeigt, genügt die geringste Störung, daß sich die Atome nach kurzer Zeit in einem chaotischen Zustand befinden: Sie fliegen mit den verschiedensten Geschwindigkeiten in den verschiedensten Richtungen ungeordnet durcheinander. Wie man sagt, wächst die Entropie in einem abgeschlossenen System bis zu einem Maximalwert an. Die Entropie ist dabei ein Maß für die Unordnung der Bewegung der einzelnen Atome oder Moleküle. Wie in der Physik gezeigt wurde, ist das Gesetz vom Anwachsen der Entropie nicht auf Gase beschränkt, sondern gilt ganz allgemein für physikalische Systeme. Wir erkennen an diesem Beispiel zwei Dinge: einerseits wächst die mikroskopische Unordnung an, zum anderen tritt makroskopisch Strukturlosigkeit ein.

Wie können aber trotzdem Strukturen entstehen, die wir ja um uns herum beobachten? An diesem Punkt setzt die Synergetik ein, ein Forschungsgebiet, das ich vor ca. 25 Jahren begründete. Das Wort *Synergetik* habe ich aus dem Griechischen genommen. Es bedeutet

soviel wie *Lehre vom Zusammenwirken*. In den verschiedensten Gebieten der Naturwissenschaften, aber auch der Geisteswissenschaften, haben wir es oft mit Systemen zu tun, die aus sehr vielen einzelnen Teilen bestehen. Diese Teile stehen in einer Wechselwirkung untereinander. Aufgrund dieser Wechselwirkung gelingt es dem System, makroskopisch eine Gesamtwirkung hervorzubringen, eben die Bildung einer Struktur, oder auch ein bestimmtes geordnetes Verhalten. Hierbei wird dem System diese Struktur oder das Verhalten keineswegs von außen her aufgeprägt, sondern es findet diese Gesamtwirkung – oder die Gesamtstruktur – ganz von alleine. Wir sprechen hier von dem Phänomen der Selbstorganisation. Ich stellte damals die Frage, ob es allgemeine Prinzipien der Selbstorganisation gibt, unabhängig von der Natur der einzelnen Teile. Dies schien zunächst eine absurde Fragestellung, da die Teile ganz verschiedener Art sein sollten, nämlich etwa die Moleküle einer Flüssigkeit oder die Atome eines Lasers oder die Zellen in einem Organismus. Wie wir aber herausfanden, gibt es tatsächlich derartige Prinzipien, wenn wir einen Preis zahlen: Wir beschränken uns auf solche Situationen, mit denen sich der makroskopische Zustand eines Systems qualitativ ändert. Hierfür werde ich sogleich einige Beispiele bringen. Bei diesen Untersuchungen ergab sich auch sehr bald die Auflösung des scheinbaren Widerspruchs zwischen der Notwendigkeit des Zerfalls von Strukturen im Sinne einer Entropieerhöhung und der spontanen Strukturbildung. Wie sich zeigte, haben wir es bei selbstorganisierenden Systemen mit sogenannten offenen Systemen zu tun, denen ständig Energie von außen zugeführt wird und wo Energie wieder abgeführt wird. Der Satz von dem Anwachsen der Entropie gilt hingegen für abgeschlossene Systeme, in denen ein solcher Energiestrom in das System hinein und aus ihm heraus nicht erfolgt.

Betrachten wir nun die Entstehung geordneter Strukturen im einzelnen und nehmen hierfür ein Standardbeispiel aus der Physik her, nämlich den sogenannten Laser, der eine spezielle Art von Lampe, d. h. Lichtquelle, darstellt. Sehen wir uns eine solche Lichtquelle genauer an. In einer Glasröhre befindet sich ein Gas, das

durch einen hindurchgeschickten Strom zum Leuchten angeregt wird. Hierbei geschieht im einzelnen das folgende: Das Gas besteht bekanntlich aus einzelnen Atomen. Im einfachsten Falle können wir uns vorstellen, daß in jedem Atom ein Elektron um einen Atomkern kreist. Durch den elektrischen Strom kann ein Elektron im Atom energetisch angeregt werden, danach kann es seine Energie in Form einer Lichtwelle aussenden. Natürlich werden in dem Gas sehr viele solcher Elektronen angeregt. Diese senden dann ungeordnet die einzelnen Lichtwellen aus. Es ist so, als würden wir eine Handvoll Kieselsteine ins Wasser werfen. Es entsteht eine wild bewegte Wasseroberfläche. Genauso entsteht im vorliegenden Falle des Lichtes ein mikroskopisch chaotisches Licht. Könnten wir Licht hören, so wäre dies wie das Rauschen des Meeres. Im Falle des Lasers geschieht aber etwas völlig anderes. Es entsteht nämlich eine einzige hochgeordnete oder, wie man auch sagt, kohärente Lichtwelle. Zugleich stellt man fest, daß sich der Wirkungsgrad des Lasers gegenüber dem der Lampe schlagartig erhöht.

Wie ist der Übergang vom völlig ungeordneten Licht der Lampe zum hochgeordneten Licht des Lasers zu erklären? Hierzu stellen wir uns vor, daß einige der Elektronen energetisch angeregt sind. Das Elektron eines ersten Atoms kann dann eine Lichtwelle aussenden, die auf ein zweites Atom trifft. Dieses kann nach dem Prinzip der induzierten Emission die Lichtwelle verstärken. Dieser Prozeß kann durch weitere angeregte Elektronen fortgesetzt werden, so daß eine Lichtlawine entsteht. Allerdings kommt hierbei eine Subtilität ins Spiel, da verschiedene Arten von Lichtwellen geschaffen werden können, nämlich solche, die rasch auf- und abschwingen und solche, die langsamer auf- und abschwingen. Zwischen diesen verschiedenen Arten von Lichtwellen kommt es zu einer Konkurrenz. Diese wird von der Lichtwelle gewonnen, die die in den angeregten Elektronen der Atome gespeicherte Energie am besten umsetzen kann. Man kann hier direkt von einem Darwinismus der Lichtwellen sprechen. Hat sich eine solche Lichtwelle durchgesetzt, so bestimmt diese das Verhalten der Elektronen der Atome. Die Elektronen schwingen im Takte der Lichtwelle mit.

Dies ist genauso, als würde eine Wasserwelle über einen See laufen, auf dem sich Boote befinden. Auch diese schwingen im Takte der Wasserwelle auf und ab. Im Fachjargon der Synergetik bezeichnet man die Lichtwelle als den Ordner und sagt, daß dieser die einzelnen Teile, im vorliegenden Falle die Elektronen, versklavt. Umgekehrt aber erzeugen die einzelnen Elektronen, indem sie Lichtwellen aussenden, erst wieder die gesamte Lichtwelle des Lasers. Wir haben dann das hier vorliegende Phänomen vor uns: Der Ordner versklavt die Teile, umgekehrt aber erzeugen die Teile den Ordner. Wir sprechen hier von zirkulärer Kausalität, die typisch für Selbstorganisationsphänomene ist. Mit dem Begriff *Ordner* und *Versklavung* haben wir wesentliche Begriffe der Synergetik kennengelernt, zu denen die entsprechenden mathematischen Methoden gehören, auf die ich im vorliegenden Rahmen naturgemäß nicht eingehen kann.

Wie sich zeigt, können selbstorganisierende Systeme beim Eintreten ihrer Ordnungszustände Ordner bilden, die miteinander konkurrieren, koexistieren oder kooperieren können. Ein wichtiges Charakteristikum ist hierbei, daß die Ordner auf Störungen langsam reagieren, während die einzelnen Teile schnell adaptieren. Das Entstehen der Ordnungszustände wird dabei nicht von außen her aufgeprägt, sondern insofern indirekt gesteuert, als durch Änderung eines Kontrollparameters ein ungeordneter Zustand in einen geordneten Zustand übergehen kann. Im vorliegenden Fall wäre der Kontrollparameter die Stärke des zugeführten Stroms. Bei einer bestimmten Stromstärke schlägt das Verhalten der Lampe in das des Lasers um.

Wie die mathematische Behandlung zeigt, läßt sich das Verhalten eines einzelnen Ordners sehr einfach veranschaulichen. Wir identifizieren dazu die Größe des Ordners mit der Lage des Balls in einer Gebirgslandschaft, wobei vor Einsetzen der Strukturbildung diese Landschaft nur ein einzelnes Tal besitzt. Die Kugel rollt dann natürlich nach jeder Störung in die Talsohle zurück. Der Ordner behält den Wert null. Wird nun etwa beim Laser die Stromstärke erhöht, so wird die Gebirgslandschaft deformiert; es entsteht ein sehr flaches Tal. Die einzelnen Emissionsakte der Elektronen der

Gasatome wirken nun wie Stöße auf den Ball. Es ist so, als würde eine Fußballmannschaft völlig chaotisch auf den Ball eintreten; er fliegt in alle möglichen Richtungen. Da das Tal sehr flach ist, kann der Ball sehr weit fliegen. Man spricht hier von *kritischen Fluktuationen*. Ferner wird der Ball, gerade weil das Tal sehr flach ist, nur langsam zur Talsohle zurückrollen. Man spricht hier von *kritischem Langsamerwerden*. Schließlich aber, wenn die Stromstärke im Laser noch weiter erhöht wird, wird die Gebirgslandschaft so deformiert, daß plötzlich zwei Täler mit einer Bergkuppe dazwischen entstehen. Wohin der Ordner, d. h. der Ball, sich bewegt, hängt nun von einer kleinen Schwankung, die mikroskopisch klein sein kann, ab. Dies hat sehr wichtige Folgen für viele sich selbstorganisierende Systeme. Eine kleine Schwankung kann genügen, um den Ausschlag darüber zu geben, welcher makroskopische Zustand schließlich eingenommen wird.

Mit den Konzepten *Ordner* und *Versklavung* und den zugehörigen mathematischen Methoden lassen sich eine Fülle verschiedener Strukturbildungen erfassen. Als Beispiel sei eine von unten erhitzte Flüssigkeit in einem kreisrunden Gefäß erwähnt. Jenseits einer bestimmten Temperaturdifferenz zwischen unterer und oberer Oberfläche können sich hexagonale Strukturen ausbilden, wobei in der Mitte jedes Hexagons die Flüssigkeit nach oben steigt, sich dann abkühlt und an den Rändern des Sechsecks wieder hinuntersinkt. Erwärmt man aber zusätzlich den Rand einer solchen Flüssigkeit, so bildet sich die hexagonale Struktur spontan in eine spiralförmige um.

Machen wir einen riesigen Sprung von den relativ einfachen Systemen der Physik zum komplexesten System überhaupt, dem menschlichen Gehirn. Wie wir sahen, befaßt sich die Synergetik mit dem Verhalten von Ordnern und den einzelnen Teilen. Beim Gehirn haben wir es mit einer ungeheuren Zahl von einzelnen Nervenzellen zu tun. Können auch diese ihre Ordner produzieren? Dabei würden wir die Ordner zum Beispiel mit Wahrnehmungsinhalten identifizieren. Wie die Synergetik zeigt, ist das Verhalten der Ordner oft einfach. Ein Beispiel haben wir bereits bei einem

Ordner kennengelernt. Hier handelt es sich um die Bistabilität. Tatsächlich gibt es auch bei der menschlichen Wahrnehmung Bistabilität. Betrachten wir etwa das Bild des mittelalterlichen Malers Arcimboldo, so erkennen wir auf ihm ein menschliches Gesicht. Sehen wir aber näher hin, so ist die Nase nichts als eine Birne, die Wangen nichts als Äpfel, usw. Das heißt, das Gesicht besteht in seinen einzelnen Teilen aus Obst und Gemüse (Abb. 2). Ein Ordner



kann auch das Verhalten der Hysterese zeigen. Sehen wir uns dies zunächst abstrakt wieder anhand einer Gebirgslandschaft an. Hierbei kann die Gebirgslandschaft zwei Täler haben, ein niedrigeres und ein höheres, die durch eine Bergkuppe getrennt sind. Ändert man nun einen Kontrollparameter, so kann das zunächst höhere Tal abgesenkt werden, so daß es tiefer liegt als das zunächst tiefere. Die Kugel wird dann, wenn die Bergkuppe verschwunden ist, in das tiefere Tal rollen. Macht man den Vorgang aber in der rückwärtigen Richtung, so kann es passieren, daß die Kugel bei gleicher Gebirgslandschaft eine andere Lage als früher einnimmt. Die Lage der Kugel, d. h. der Zustand des Systems, hängt also von der Vorgeschichte ab. Man nennt diesen Vorgang *Hysterese*. Genau das gleiche geschieht bei der menschlichen Wahrnehmung. Hier gibt es zum Beispiel ein Bild, das aus acht Teilfiguren besteht, von dem jede Teilfigur gegenüber der vorangegangenen leicht verändert ist. Sieht man die Teilfiguren in der einen Richtung an, so erkennt man zunächst immer wieder einen Männerkopf, der dann schließlich in eine Frauengestalt umschlägt. Betrachtet man aber die Frauengestalt zuerst und geht die Bilder in der gegensätzlichen Reihe durch, so schlägt die Wahrnehmung von Frauengestalt in Männerkopf erst an einer viel späteren Stelle um als dies vorher in der umgekehrten Richtung erfolgt war.

Schließlich gibt es noch das Phänomen der Oszillation bei zwei Ordnern, von denen jeweils der eine die Oberhand hat und der andere praktisch ganz unterdrückt ist. Auch dies geschieht bei der menschlichen Wahrnehmung bei den sogenannten Kippfiguren. Ein berühmtes Beispiel hierfür ist ein Bild, bei dem man zum einen eine Vase, zum anderen aber zwei Gesichter erkennt (Abb. 3). Die Wahrnehmung Vase wechselt ständig mit der Wahrnehmung der Gesichter ab. Es kommt zu einer unaufhörlichen Oszillation. Machen wir nun einen großen Sprung und betrachten wir, wie die Synergetik zu Modellen menschlicher Wahrnehmung geführt hat. Damit kommen wir zur Frage der Strukturerkennung. Was bedeutet es überhaupt, eine Struktur – oder mit anderen Worten auch ein Muster – zu erkennen? Wenn wir ein Gesicht sehen, so asso-

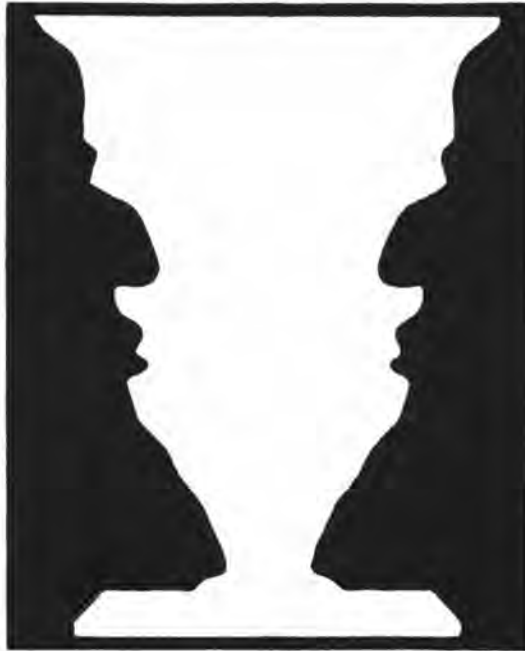


Abb. 3

zieren wir mit einem bekannten Gesicht den zugehörigen Namen. In diesem Sinne ist Struktur- oder Mustererkennung das Wirken eines assoziativen Gedächtnisses. Ein anderes Beispiel hierfür ist das Telefonbuch. Schlagen wir den Namen Alex Miller auf, so nennt uns dieses die zugehörige Telefonnummer. Allgemein können wir also sagen, daß durch das assoziative Gedächtnis Daten ergänzt werden. Im folgenden soll dies durch eine Dynamik geschehen.

Wir stellen uns vor, daß das assoziative Gedächtnis durch eine Dynamik realisiert wird, wobei wieder ein Ball, der den Zustand des Systems charakterisiert, in einer Gebirgslandschaft rollt. Schließlich aber müssen wir noch einen Zusammenhang zwischen den einzelnen Merkmalen einer Struktur, etwa eines Gesichts, und der Gesamtdynamik herstellen. Dies geschieht durch die Idee, daß Mustererkennung nichts anderes als Musterbildung ist. Betrachten wir hierzu zunächst eine Modellrechnung aus der Flüssigkeitsdynamik. Hierbei haben wir wieder eine Flüssigkeit in einem kreisrunden Gefäß, wobei die physikalischen Bedingungen so sind, daß sich

einzelne Streifenmuster ausbilden können. Wir geben nun in der Modellrechnung einen einzelnen Streifen von einer nach oben sich bewegenden Flüssigkeit vor. Dann gelingt es der Flüssigkeit, diesen einen Streifen zu einem ganzen Streifenmuster zu vervollständigen. Geben wir eine andere Richtung vor, so wird ein Streifenmuster in einer anderen Richtung vervollständigt. Schließlich bringen wir die Flüssigkeit in eine Konfliktsituation, wo zwei Streifen vorgegeben werden, wobei der eine Streifen etwas stärker als der andere ausgeprägt ist. Wie die Rechnung zeigt, entsteht schließlich ein vollständiges Streifenmuster, das dem ursprünglich etwas stärkeren Streifen entspricht.

Interpretieren wir dieses Phänomen im Sinne der Synergetik. Die vorgegebenen Streifen rufen jeweils den zugehörigen Ordner auf. Zwischen den Ordnern entsteht ein Konkurrenzkampf. Der etwas stärkere Ordner gewinnt diesen und zwingt nach dem Versklavungsprinzip der Synergetik die gesamte Flüssigkeit in seinen Bann. Ich behaupte nun, daß das gleiche bei der Musterbildung geschieht, sei es in einem Computer, sei es im menschlichen Gehirn. Hierbei werden einige Merkmale, z. B. Teile eines Gesichtes, vorgegeben. Diese rufen dann den zugehörigen Ordner auf, der dann nach dem Versklavungsprinzip dem System die vollständige Struktur aufprägt. Natürlich sind die Muster einer Flüssigkeit viel einfacher als die Muster, die etwa mit einem Gesicht verknüpft sind. Trotzdem läßt sich aber zeigen, daß auch bei komplexen Strukturen Mustererkennung nichts anderes als Musterbildung ist. Um dies zu belegen, betrachten wir einen konkreten Fall, nämlich die Gesichtererkennung. Hierzu werden die Bilder von Gesichtern in einzelne Pixel zerlegt, wobei jedem Pixel ein bestimmter Grauwert zugeordnet wird. Die Gesamtheit der Grauwerte bildet dann einen sogenannten Prototypvektor. Diese Prototypen werden noch durch Indizes u unterschieden, da wir es ja mit verschiedenen Prototypen, d. h. Gesichtern, zu tun haben. Wird nun ein Teil eines Gesichtes angeboten, so wird dieses durch einen Testmustervektor q dargestellt. In Analogie zur Flüssigkeitsdynamik konstruieren wir nun eine Dynamik, derzufolge das Testmuster q im Laufe der Zeit

in dasjenige Prototypmuster umgewandelt wird, dem es bereits anfänglich am ähnlichsten war. In der Gleichung für die zeitliche Änderung des Testmustervektors q gehen nun mehrere Glieder ein, die ich nur mit Worten schildern will. Hierzu gehört einerseits ein Satz von Aufmerksamkeitsparametern für ein jeweiliges Prototypmuster, sodann eine Lernmatrix, in die die Prototypmuster eingehen. Ferner wird die Dynamik entscheidend durch einen Term bestimmt, der für die Diskriminierung zwischen den Mustern sorgt. Interessanterweise läßt sich die Dynamik für das Testmuster wieder als das Rollen eines Balles in einer Gebirgslandschaft deuten, wobei die einzelnen Täler den gespeicherten Mustern entsprechen. In der Praxis werden dem Computer eine Reihe von Prototypmustern eingegeben, sodann wird dem Computer der Teil eines Gesichts gezeigt. Es gelingt dann dem Computer, das gesamte Gesicht nebst dem schon vorher bekannten Familiennamen zu rekonstruieren, und zwar in Anwesenheit aller Prototypmuster. Das heißt, der Computer vergleicht keineswegs das Teilgesicht nacheinander mit den gespeicherten Gesichtern, sondern es findet eine Art Konkurrenzkampf zwischen den gespeicherten Prototypmustern statt. Dieser wird von demjenigen Prototypmuster gewonnen, das am stärksten in dem gezeigten Gesicht vertreten ist. Wir können direkt sagen, daß jedes Gesicht durch einen Ordner repräsentiert wird, wobei der Ordner, der am stärksten vertreten war, den Wettkampf gewinnt. Der Computer kann auch zwischen Gesichtsausdrücken, wie z.B. Freude oder Trauer, unterscheiden, wenn er entsprechend trainiert wurde. Hierbei hat der Computer natürlich keinerlei Gefühle, sondern er assoziiert lediglich mit den Gesichtsausdrücken bestimmter Wörter, so wie er sie in einem Trainingsverfahren gelernt hat. Der Computer kann auch Szenen erkennen, etwa die Szene mit einer Frau im Vordergrund und einem Mann im Hintergrund, wobei der Mann teilweise verdeckt ist. Hierbei identifiziert der Computer zuerst die Frau im Vordergrund, dann wird der zugehörige Aufmerksamkeitsparameter Null gesetzt und das Bild nochmals dem Computer gezeigt. Er erkennt dann den Mann im Hintergrund. Auf diese Weise konnte der Computer bis



Abb. 4

zu fünf teilweise verdeckte Gesichter identifizieren. Allerdings gab es gelegentlich Fehler, wobei der Computer ein falsches Gesicht identifizierte. Dies führte mich dann zur Untersuchung der Frage, ob dies auch bei menschlichen Wahrnehmungsvorgängen der Fall sein kann. Ich stieß dabei auf ein Bild von Del Prete, das auf den ersten Blick einen Kopf von Einstein zeigt. Sieht man aber näher hin, so besteht der Kopf aus drei Badenixen (Abb. 4). Mehrdeutige Bilder sind in der Wahrnehmungspsychologie schon seit langem bekannt. Etwa ein Bild, wo man das Gesicht einer jungen bzw. einer alten Frau sieht (Abb. 5). Interessanterweise kann aber der



Abb. 5

Wahrnehmungsinhalt junge Frau/alte Frau nicht ständig beibehalten werden, sondern es kommt zu einem ständigen Hin- und Herschwanken zwischen beiden Wahrnehmungsinhalten. Man spricht daher auch von Kippfiguren.

Wir haben nun das Verhalten derartiger Kippfiguren im Sinne der Synergetik gedeutet, wobei dem Wahrnehmungsinhalt jeweils ein Ordner entspricht, die Dynamik der Ordner aber von den Aufmerksamkeitsparametern abhängt. Hier hatte schon der Gestaltpsychologe Wolfgang Köhler in den zwanziger Jahren vorgeschlagen, das Auftreten des Kippens dadurch zu erklären, daß die Aufmerksamkeit sättigt, wenn ein Wahrnehmungsinhalt erkannt ist. Im Rahmen der synergetischen Betrachtungsweise war es nun möglich, Gleichungen für das Verhalten der Ordner und der Aufmerksamkeitsparameter anzugeben, so daß das Phänomen des Kippens quantitativ behandelt werden konnte.

Zum Schluß meines Vortrages möchte ich noch auf Anwendungen der Synergetik auf die Soziologie eingehen. Dabei bin ich mir voll-

kommen bewußt, daß das von der Synergetik als terminus technicus verwendete Wort *Versklavung* auf viele Soziologen wie ein rotes Tuch wirkt. Vorschlägen von Kollegen folgend, könnte man statt *Versklavung* auch von *Einbindung* oder *Konsensualisierung* sprechen. Betrachten wir also das Verhältnis zwischen Ordnern und Teilen im soziologischen Bereich, wobei ich mit einem zunächst noch harmlosen Beispiel beginnen möchte. Charakteristikum der Ordner gegenüber den Teilen ist ja deren Langlebigkeit. Betrachten wir die Sprache eines Volkes, so lebt diese sicherlich viel länger als die einzelnen Individuen. Wird ein Baby geboren, so wird es der Sprache der Eltern und seiner Umgebung ausgesetzt; es wird im Sinne der Synergetik von der Sprache versklavt. Es lernt diese und trägt diese dann weiter. Dies ist ganz typisch für das Verhältnis zwischen Ordnern und Teilen. Die Sprache dient hierbei der Kommunikation und macht das Zusammenleben der Individuen erst möglich, zum anderen kann sie aber auch der Abgrenzung einzelner Gruppen dienen. Wie bei Ordnern gibt es die Konkurrenz, Koexistenz oder auch Kooperation von Sprachen. Ein weiteres Beispiel für einen Ordner sind Rituale, in die Menschen hineingeboren werden oder denen sie sich freiwillig unterwerfen. Weitere Beispiele für Ordner sind die öffentliche Meinung, das Betriebsklima, oder auch *corporate identity*. Ein sehr evidentes Beispiel ist die Mode. Eine interessante Frage ist, ob man auch die Ethik als Ordner ansehen sollte. Bei dieser Frage wird, wie ich glaube, die Brisanz der synergetischen Betrachtungsweise im Rahmen der Soziologie besonders deutlich. Einerseits liegt es uns nahe, Ethik als etwas absolut Gegebenes anzusehen. Wenn wir hingegen Ethik als Ordner interpretieren, so impliziert dies, daß hier die Selbstorganisation ins Spiel kommt, d.h. daß eine Gruppe von Menschen die Ethik schafft, wobei wir im Sinne der Symmetriebrechung damit rechnen müssen, daß verschiedene Arten von Ethik möglich sind. Als wichtigen Kronzeugen für die Auffassung, daß Ethik als Ordner anzusehen ist, kann ich Friedrich August von Hayek nennen, der ja ein Mitglied des Ordens *Pour le mérite* war, so daß es mir vergönnt war, mit ihm des öfteren diskutieren zu können. In seinen Veröf-

fentlichungen vertrat von Hayek die Auffassung, daß die Ethik eines Volkes mit seiner wirtschaftlichen Entwicklung verknüpft ist. Grob gesprochen, hat sich ein solches Volk besser wirtschaftlich entwickeln können, das die bessere Ethik hatte.

Ich bin mir sicher, daß diese kurzen Bemerkungen viel zu knapp sind, um dieses Problem hier ausloten zu können. Ich hoffe aber gezeigt zu haben, wie mit der Synergetik eine Betrachtungsweise geschaffen wurde, die einen weiten Bogen von der Physik bis hin zu den Sozialwissenschaften spannt und hier – wie ich hoffe – neue Denkanstöße gibt.