

Kritische Randbedingungen

Einige Mathematiker mußten feststellen, daß sie unter ihren akademischen Kollegen und in der Öffentlichkeit sowohl Begeisterung als auch Feindseligkeit hervorriefen, als sie die Katastrophen-Theorie auf das Verhalten von Tieren, Menschen und Gesellschaften anwendeten.

Die revolutionären mathematischen Methoden, die die Katastrophen-Theorie entwickelte, wurden auf außergewöhnlich viele Einzelprobleme der Psychologie, Biologie und den Sozialwissenschaften angewendet. Dabei geht es immer um einen Sprung, eine Ungleichmäßigkeit im Verhalten des Untersuchungsgegenstandes. Es mag sich um das Pendeln eines magersüchtigen Mädchens zwischen Nahrungsverweigerung und Völlerei handeln oder um das plötzliche Ausschwärmen von Heuschrecken und die ebenso abrupte Auflösung des Schwarmes. Sie kann auf einen Sprung in der Inflationsrate oder sogar auf den Zusammenbruch des Römischen Reiches bezogen werden. Die Katastrophen-Theorie, die mathematische Darstellung diskontinuierlicher Vorgänge, kann gerade wegen der Sprunghaftigkeit in diesen Beispielen einen wertvollen Ansatz zu ihrer Beschreibung liefern.

Diese Fälle sind alle von kompetenten Wissenschaftlern bearbeitet worden. Allerdings ist die Theorie auch in weniger berufenen Händen wie ein Orakel benutzt worden, um Menschen durch die Belastung „persönlicher Katastrophen“ zu führen. Zwischen diesen beiden Extremen liegt ein breites Spektrum von Fällen, bei welchen der Wert einer Anwendung der Katastrophen-Theorie unter den Experten heiß umstritten ist.

Hier ein Beispiel ihrer Anwendung aus der Soziologie: Die Massenhysterie ist als ein Phänomen bekannt, bei dem das Individuum – ob Mensch oder Tier – sein normales Verhalten ablegt und Handlungen begehen kann, die seinem sonstigen Charakter völlig zuwiderlaufen, ihm sogar gefährlich werden können. Seine Persönlichkeit wird von einer Art Kollektivbewußtsein der Gruppe verdrängt, deren Teil er ist. Ein Beispiel aus der Geschichte ist der revolutionäre Haufen, der am 14. Juli 1789 die Bastille in Paris stürmte. Diese unorganisierte Menschenmasse war im kritischen Augenblick dazu fähig, entschieden zu handeln und unglaubliche Dinge auszulösen.

Brian Inglis hat angenommen, daß ein derartiges Verhalten den Rest eines primitiven Instinkts darstellt, der im Moment der Gefahr das Wohl des Individuums demjenigen der Gruppe unterordnet. Der Mechanismus, durch welchen sich eine Massenhysterie ausbreitet, ist damit noch nicht verstanden. Es gibt jedoch deutliche Hinweise darauf, daß bestimmte Stimmungen durch feine Geruchsstoffe, Pheromone, übertragen werden können. Eine Alternative zu dieser Hypothese ist von dem englischen Biologen Rupert Sheldrake aufgezeigt worden. Seine Annahme einer



Manchmal formt sich aus einem Menschaufmarsch spontan eine geordnete Gruppe, die zu zweckmäßigem, auf ein gemeinsames Ziel gerichtetem Handeln fähig ist. Dieser Moment war für die Pariser gekommen, als sie am 14. Juli 1789 die Bastille stürmten (unten) und so die Französische Revolution einleiteten. Diese Wandlung trat aber nicht für einen Haufen Pariser Aufreißer des Jahres 1972 ein (links). Die Katastrophen-Theorie stellt einen Versuch dar, solche unvorhersehbaren Sprünge zwischen Ordnung und Unordnung in den Griff zu kriegen.

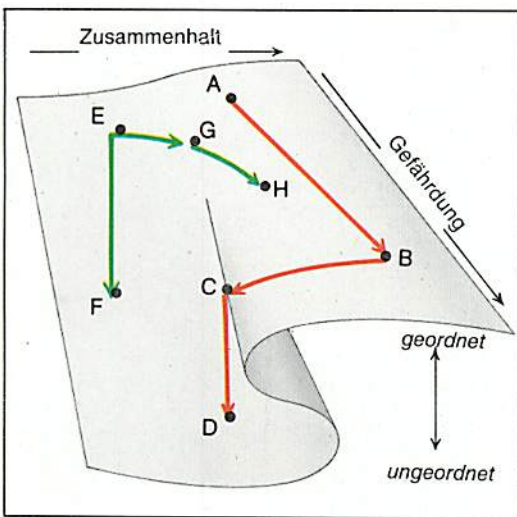


„formbildenden Verursachung“ geht davon aus, daß Lebewesen ihre Form durch eine Art „Einschwingen“ in eine biologische Feldstruktur erhalten, die er als „Morphogenetisches Feld“ bezeichnet. Dieses verbindet Wesen von gleicher Form. Ist diese Annahme richtig, dann wäre es eine durchaus sinnvolle Vermutung, daß Tiere oder Menschen in einer großen Zusammenballung ihre Stimmung weitergeben, wenn sie sich auf ihr gemeinsames Morphogenetisches Feld einschwingen.

Sehen wir uns einmal an, was die Katastrophen-Theorie zum Gruppenverhalten von Menschen zu sagen hat. Sie kann uns minde-

stens dabei helfen, die Kenntnisse, die wir bereits besitzen, zu strukturieren. Sie könnte auch einige neue Forschungsansätze nahelegen. Und einige Experten in der Anwendung gehen so weit zu versichern, daß sie Voraussagen, vielleicht sogar quantitativer Natur, zu bestimmten Fragestellungen ermöglicht.

Wie beschreibt die Katastrophen-Theorie zum Beispiel die Ordnung des gemeinsamen Handelns, einen Aspekt des menschlichen Gruppenverhaltens? Nehmen wir an, es gibt zwei wesentliche Steuerungsfaktoren: den Gruppenzusammenhalt, das Maß der Identifikation mit der Gruppe und ihren Zielen, und die Größe der drohenden Gefahr, wie sie von der Gruppe wahrgenommen wird. Da wir eine Katastrophe mit zwei Variablen beschreiben, kann sie nur am Scheitelverlauf auftreten.



Unten links:

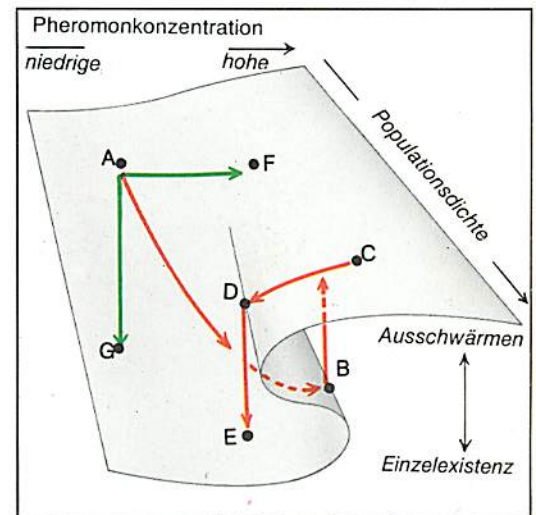
In den Begriffen der Katastrophen-Theorie wird eine gut ausgebildete Truppeneinheit mit hohem Zusammenhalt durch Punkt A repräsentiert. Unter Bedrohung hält sie enger zusammen und verhält sich geregelter (B). Ein Verlust an Zusammenhalt in der Gruppe ist bis zum Erreichen des Scheitels der Faltung nicht verhängnisvoll. Dann aber tritt ein abrupter Absturz in die Unordnung ein (C-D). Ein Mob auf der anderen Seite hat wenig Zusammenhalt (E), und verliert ihn unter Bedrohung noch mehr (F). Wenn seine Übereinstimmung aber erhöht wird, kann eine Verlagerung auf die obere Ebene der Graphik stattfinden (G) und die Gruppe wird dann in Gefahr sogar noch geschlossener (H).

Rechts:

Erstaunlicherweise leben Wanderheuschrecken normalerweise einzeln (A). Wenn sich ihre Anzahl vervielfacht, steigt auch ihre Ausscheidung von Pheromonen (chemischen ‚Boten‘). Schließlich springt das Verhalten der Tiere vom unteren Teil der Graphik in den oberen (B-C), sie schwärmen aus (Bild unten). Dabei produzieren sie dann weniger Pheromone, und schließlich löst sich der Schwarm irgendwann wieder auf (D-E). Ein Besprühen der Heuschrecken mit Pheromonen könnte ein frühzeitiges Ausschwärmen zur Folge haben (F) und damit ihre Vermehrungsrate reduzieren. Oder eine Verminderung der Pheromone würde das Verhalten auf dem unteren Teil der Graphik festhalten (G), weit genug von der „Falte“ entfernt.

Zur Veranschaulichung stellen wir uns eine Truppeneinheit in der Schlacht vor. Wieder wird diese durch einen Punkt repräsentiert, der sich innerhalb einer einfach gefalteten Ebene bewegt (s. Diagramm oben). Querbewegungen in der Graphik entsprechen Veränderungen im Zusammenhalt der Gruppe, während Längsbewegungen die unterschiedlichen Grade der von der Gruppe wahrgenommenen Gefahr darstellen. Die aus der Faltung der Ebene resultierenden Vertikalbewegungen stehen für Veränderungen in der Ordnung der Gruppe.

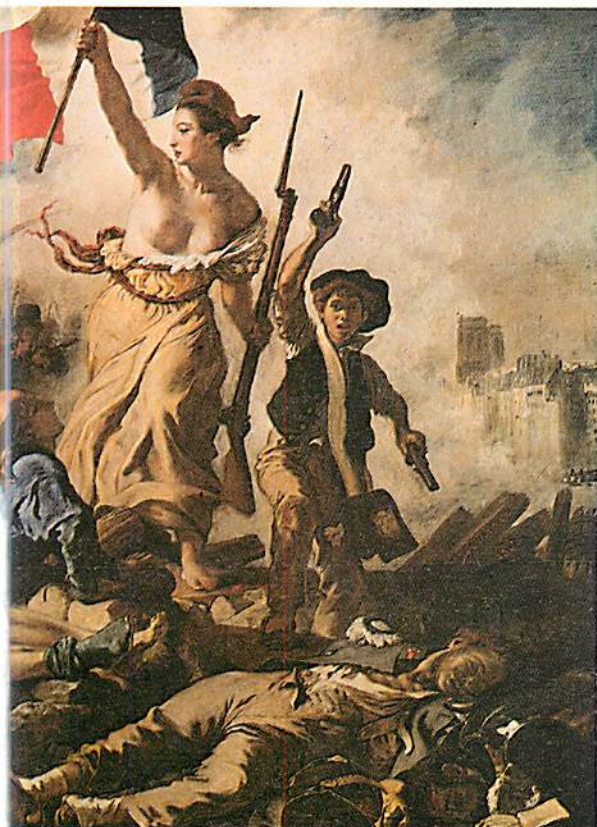
Eine trainierte Kampfeinheit weist einen starken Zusammenhalt auf. Die Soldaten sind darauf eingestellt, die Geschlossenheit der Truppe als vorrangig zu betrachten. Diese Einheit wird durch Punkt A repräsentiert. Sie wird um so stärker zusammenwachsen und



um so koordinierter handeln, je größer die Gefahr wird (A-B). Der Zusammenhalt kann sich verringern, zum Beispiel, wenn die Soldaten einige Kameraden flüchten sehen. Zunächst wird das koordinierte Handeln dadurch nur wenig beeinflusst (B-C). Geht die Lockerung der Verbindung zwischen den Gruppenmitgliedern jedoch zu weit, kommt es zu einem plötzlichen Ausbruch von Panik (C-D). Dieses Ereignis wird in der Verhaltensgraphik durch den Sprung über die Falte auf die untere Ebene der verminderten Ordnung dargestellt.

Eine ungeführte Menschenmasse dagegen wird sich bei wachsender Gefahr an Ordnung noch verlieren (E-F). Falls aber der Gemeinschaftssinn plötzlich zunimmt, steigt auch der Zusammenhalt, vielleicht tritt ein Führer auf und sammelt die Menge um sich. Dann kann der Punkt, der das Gruppenverhalten verkörpert, die obere Ebene des gefalteten Blattes erreichen (E-G). Von da an wird die Gruppe auf wachsender Gefahr mit stärkerer Organisiertheit und planmäßigem Handeln reagieren (G-H).

Das gleiche elementare Katastrophen-Modell ist benutzt worden, um das Schwarmverhalten von Heuschrecken zu analysieren. Meistens leben sie unauffällig in völligem Gleichgewicht

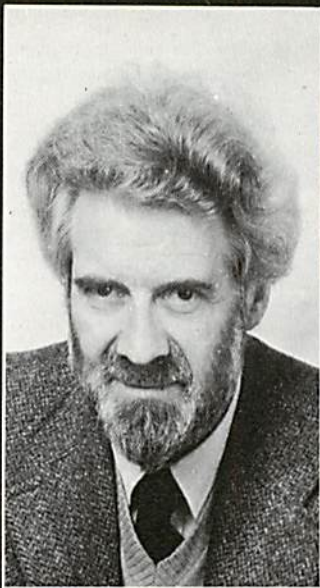


mit der Vegetation und der sonstigen Tierwelt. Alle paar Jahre aber sammeln sie sich zu Schwärmen, die den Bewuchs riesiger Gebiete vernichten. Es ist heute bekannt, daß einer der bestimmenden Faktoren des Schwarmverhaltens die Populationsgröße der Heuschrecken ist. Ein zweiter wird durch einen bestimmten Pheromontyp gebildet, den die Tiere zur fraglichen Zeit in größeren Mengen produzieren.

Wiederum können wir dieses Verhalten mit Hilfe des Modells der Scheitel-Katastrophe darstellen. Bei näherem Hinschauen ergeben sich aus dem Modell mehrere Kontrollmöglichkeiten. Erstaunlicherweise ist sowohl eine Erhöhung als auch eine Verminderung der Pheromonmenge in der die Tiere umgebenden Luft wirksam. Werden die Duftstoffe vermindert oder unwirksam gemacht, ist das Schwärmen nicht möglich. Erhöht man die Pheromonmenge aber, schwärmen die Heuschrecken zu früh aus. Dadurch wird ihre Populationsgröße begrenzt, denn während des Schwärmens vermehren sie sich erheblich langsamer. Eine reduzierte Population aber kann nicht solche riesige Schwärme erzeugen.

So weit, so gut. Eine andere, sehr ähnliche Anwendung der Theorie, ebenfalls auf ein soziologisches Thema, löste jedoch eine sehr emotionale Auseinandersetzung aus. Christopher Zeeman, ein überzeugter Verfechter der Katastrophen-Theorie, arbeitete 1975 mit Gefängnispsychologen zusammen, um die Ursachen zu analysieren, die 1972 in einem englischen Gefängnis zu einem Aufstand geführt hatten. Sie benutzten dazu öffentlich zugängliche Daten über die Anzahl der Häftlinge, die den Aufseher zu sprechen wünschten, eine Verlegung aus bestimmten Trakten heraus beantragten usw. Daraus entwickelten sie eine Graphik mit der einfachen Scheitel-Katastrophe, die einen Zusammenhang darstellte zwischen der Wahrscheinlichkeit für einen Aufruhr und der Spannung zwischen den Gefangenen, sowie ihrer kritischen Einstellung gegenüber dem Gefängnispersonal.

Der Bericht sprach nur eine einzige, wenig umstrittene Empfehlung aus: Daß nämlich die Gefängnisleitung gut daran täte, auf Unruhen mit Verhandlungen, statt mit Gewalt zu reagieren. Trotzdem sahen viele Kritiker dieser Arbeit einen Schritt dahin, die Katastrophen-Theorie als ein Unterdrückungsinstrument einzusetzen. Jonathan Rosenhead, ein Sozialwissenschaftler, warf Zeeman und seinen Kol-



Professor Christopher Zeeman von der Universität Warwick (oben) hat die Katastrophen-Theorie auf viele verschiedene Fälle angewendet. Eines seiner umstrittensten Forschungsvorhaben beschäftigte sich mit dem Verhalten der Häftlinge des Gartree-Gefängnisses, wo es 1972 zu einem Aufstand gekommen war. Er und seine Mitarbeiter versuchten Zusammenhänge zwischen solchen Unruhen und der Spannung und Feindschaft der Häftlinge zu finden. Zu den Ergebnissen der Studie gehörte auch eine Reihe von Empfehlungen an die Anstaltsleitung. Eine weitere Folge war ein wahrer Hagel von Kritik seitens derer, die diese Studie als ein Instrument sozialer Kontrolle ansahen.

legen fast hysterisch vor, sie benutzten die Theorie

„nicht im Dienste der Freiheit, sondern für verstärkte soziale Kontrolle. Ein weiteres Herrschaftsinstrument ist dem vorhandenen Arsenal an Techniken hinzugefügt worden, die die Gefängnisinsassen unterwerfen sollen: Verhaltenstraining, Aversionstherapie, Gehirnschirurgie, Kampfgas und Schlagwaffen.“

Bescheidene Ansprüche, großartige Hoffnungen

Kritiken dieser Art entwerten natürlich in keiner Weise die Theorie selbst. Sie kann tatsächlich in solchen Situationen eine nützliche Rolle spielen, auch wenn sie unsere Fragen nach dem Wesen der Vorgänge nicht beantwortet.

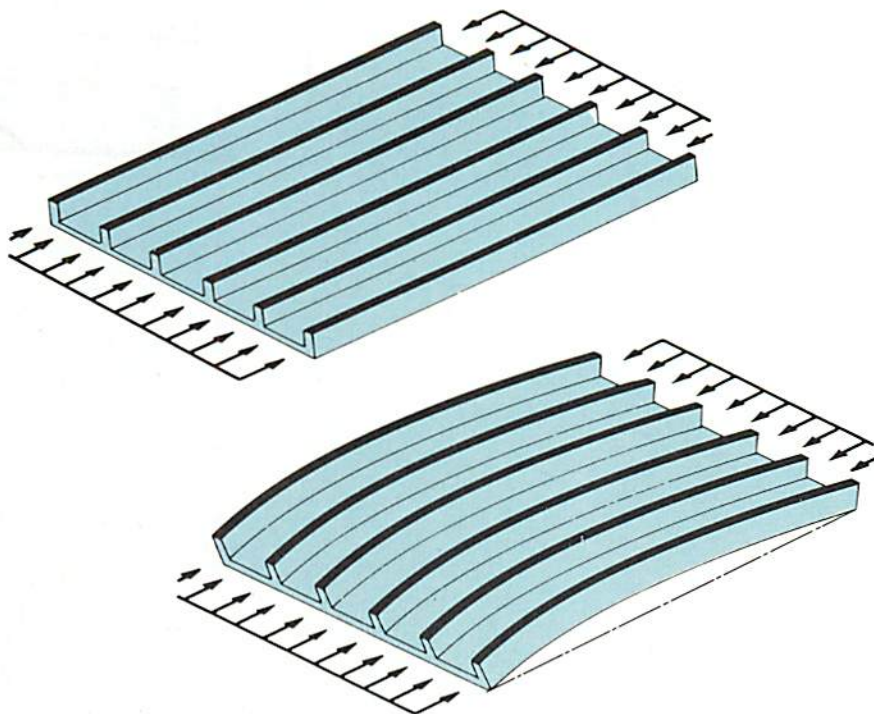
Die Ansprüche, die Ren Thom bezüglich solcher Anwendungen geltend macht, sind bescheiden. Große Hoffnungen setzt er jedoch auf ihre Benutzung im Bereich der Morphogenese, der Erschaffung von Formen. Die Physik hat gerade erst begonnen, sich der Frage zu stellen, wie die Dinge zu ihren Formen gekommen sind. Wie Thom es formuliert, sind wir in der Lage viel mehr zu *sehen* als wir *sagen* können.

„Will man wissen, was passiert, wenn man einen Stein in einen Teich wirft, ist es weit besser, einen Versuch zu machen und diesen zu filmen, als darüber zu theoretisieren. Auch die besten Spezialisten der Hydrodynamik könnten nicht mehr darüber aussagen.“

Warum erscheinen bestimmte Formen in der Natur immer wieder? Ein spezieller Spiralentyp läßt sich bei Schnecken beobachten, wie auch bei aufgerollten Farnwedeln oder bei den dichtgedrängten Staubgefäßen eines Gänseblümchens. Viele haben schon auf die Ähnlichkeit zwischen den Verzweigungsmustern eines Flußsystems, eines Baumes und einer Nervenzelle hingewiesen. Thom ist der Auffassung, daß die qualitative Anwendung der Katastrophen-Theorie sich für die Analyse als sehr nützlich erweisen wird:

„Die Auswahl des wissenschaftlich Interessanten ist ... in hohem Maße willkürlich ... viele alltägliche Phänomene, die an sich trivial sind, zum Beispiel die Risse in einer





Wand, die Gestalt einer Wolke, der Weg eines fallenden Blattes oder des Schaumes auf einem Glas Bier, sind schwer zu formalisieren. Aber ist es nicht denkbar, daß eine mathematische Theorie, die für solche wohlbekannteren Erscheinungen entwickelt wird, sich letztlich als nützlich für die Wissenschaft herausstellt?“

Thom meint dabei, daß die Katastrophen-Theorie auf das Problem der Formbildung bei lebenden Organismen angewandt werden kann, und von dort aus vielleicht auf Formbildung überhaupt. Der Prozeß, durch welchen Pflanzen und Tiere ihre Gestalten annehmen, ist noch rätselhaft. Thom geht davon aus, daß die Elementarkatastrophen mit Gestalten auf ähnliche Weise verknüpft sein könnten, wie die geometrischen Regeln mit einigen der Umrisse, die überall in der Natur auftreten.

Einige Kritiker der Katastrophen-Theorie werfen ihren Verfechtern vor, sie würden behaupten, *alles* damit erklären zu können. Ob ihre Wichtigkeit darin liegt, *irgend etwas* genau zu erklären, darüber läßt sich streiten; aber es scheint ganz sinnvoll, hier noch eine Frage aufzuwerfen. Die Stärke dieser Theorie liegt in ihrer Fähigkeit, Vorgänge und Verhaltensweisen zu beschreiben, die nicht stetig verlaufen. Paranormale Phänomene sind *per definitionem* solche, die von der Normalität scharf abweichen und in unzeitigem Verhältnis zu ihr stehen.

Die meisten Mathematiker reagieren angesichts dieser Frage mit unvernünftiger Abwehr. Eine rationale Einschätzung der Frage sollte auch eine rationale Antwort anregen; aber in diesem Falle nicht sofort. Doch obwohl die Pionierarbeit von Thom keine offensichtliche Anwendung für paranormale Phänomene bietet, weist doch einiges an der Katastrophen-Theorie darauf hin, daß auch das Paranormale eines Tages in ihr Arbeitsfeld

In der Technik und in der Physik hat die Katastrophen-Theorie Strukturen von außerordentlicher Komplexität und Schönheit hervorgebracht. Sie ist auf die Verbiegung einer durch Längleisten verstärkten Metallplatte angewandt worden, wenn diese unter Druck entlang der Längsachse gerät (oben). In der Graphik, die das Verhalten der Platte beschreibt (rechts), stellen Bewegungen in der Horizontalen Veränderungen der geometrischen Unebenheiten der Platte dar. Die Höhe eines bestimmten Blattes dieser gefalteten Flächen zeigt das Maß der Belastung an, die eine Verbiegung erzeugen kann. So kompliziert diese Flächen auch sind, sie stellen doch nur einen dreidimensionalen Schnitt einer fünfdimensionalen Oberfläche dar, die sich bildlich nicht erfassen läßt.

geraten könnte. Thom's große Vision umfaßt ja jeden Vorgang in der Wirklichkeit, daher notwendigerweise auch die paranormalen. Tatsächlich versucht die Katastrophen-Theorie in Thom's Sicht, sich dem hohen Ideal anzunähern, die Welt in Form einer einzigen, unglaublich komplexen, vieldimensionalen Oberfläche darzustellen.

Der Ehrgeiz, eine solche Gesamtheorie der Welt zu schaffen, muß uns wie eine Donquichotterie, ja wie Verblasenheit vorkommen. Aber Thom ist voller Hoffnung. Und als eine Huldigung an den menschlichen Geist sagt er:

„Wir müssen die besten Mittel herausfinden, ... auch das nicht Formalisierbare zu formalisieren. Für diese Aufgabe wird das menschliche Gehirn mit seiner archaisch-biologischen Erbschaft, seinen klugen Näherungsverfahren und seiner feinen ästhetischen Empfindungsfähigkeit noch ganze Zeitalter lang unersetzbar sein.“

