

# Komplexität und Emergenz.

## Ein Essay

### (September 2012)

Je näher man ein Wort ansieht, desto ferner sieht es zurück.  
(Karl Kraus)

Von einem Augenblick zum anderen verlor einer meiner Freunde vor einiger Zeit fast völlig seine kognitiven Fähigkeiten. Sprachlos schaute er um sich wie ein Raumfahrer in einem Science-Fiction-Roman, der plötzlich auf einen fremden Planeten gebeamt worden ist, oder wie ein Säugling im Kinderwagen, der die großen Köpfe grinsender Erwachsener anstarrt, die sich bedrohlich nähern.

Mein Freund litt an Herpes-Enzephalitis. Monate lang verlor er einen Großteil seines Gedächtnisses und der Sprechfähigkeit. Heute, da er sich fast vollständig erholt hat, spricht er von jener Zeit als einer vollkommenen Leere, einem traumlosen Schlaf, aus dem er plötzlich erwachte. Anscheinend lebte er während seiner Krankheit

nur im Hier und Jetzt, ohne Vergangenheit oder Zukunft. Seine kognitiven Fähigkeiten muteten geringer an als die von vielen Tieren. Wenn er eine Mahlzeit bekam, schien er zu überlegen, was er damit anfangen sollte; einige Zeit lang musste man ihn füttern. Nur seine Reflexe funktionierten: Er öffnete seinen Mund für den sich nähernden Löffel und er schluckte das Essen.

## Simplify your Life!

In gewisser Weise vereinfachte die Enzephalitis das Leben meines Freundes radikal; sie reduzierte es auf elementare Tatsachen ohne Struktur, das heißt ohne die geringste Komplexität. Vielleicht umfasste seine Erfahrung wenigstens ein paar kurzlebige separate „Dinge“ wie Löffel, fremde Personen und trinkbare Flüssigkeiten, aber diese Objekte waren nicht hierarchisch strukturiert. Statt eine Welt als ein komplexes Gebäude mit vielen Stockwerken zu bilden, lagen sie umher wie lauter Ziegel auf einer grenzenlosen Ebene.

Was meinem Freund sichtlich fehlte, war die Gabe der Erinnerung. In *Der logische Aufbau der Welt* versuchte der logische Empirist Rudolf Carnap (1891–1970) im Jahr 1928, die Welt aus möglichst einfachen Bausteinen zu rekonstruieren – aus „Elementarerlebnissen“ und einer einzigen „Ähnlichkeitsrelation“. Mein Freund war während seiner Krankheit sicher nicht fähig, auf diese Weise eine Welt aufzubauen; da sein Gedächtnis nicht richtig arbeitete, konnte er keine kohärenten Ähnlichkeiten zwischen seinen Erfahrungen etablieren.

Doch in einem praktischen Sinn wurde das Leben meines Freundes durch das Fehlen eines ähnlichkeitsbildenden Gedächtnisses immens kompliziert. Allein gelassen wäre er gestorben. Er brauchte Hilfe: Die komplizierten Handlungen von Ärzten, Krankenpflegern und Freunden mussten die fehlende Komplexität seiner strukturell „flachen“ Welt ausgleichen.

Übrigens entspricht diese Situation ziemlich genau derjenigen eines buddhistischen Bettelmönchs, der völlige Erleuchtung erreicht hat. Ihm erscheinen alle Lebensstatsachen als gleichermaßen (un)wichtig; er bleibt untätig und überlebt nur, solange Mitmenschen ihn mit Kleidung und Nahrung versorgen.

Entgegen der Wortbedeutung macht Komplexität die Dinge also im täglichen Leben einfacher. Wir brauchen sie, um unser praktisches Wissen zu organisieren und zu simplifizieren. In den meisten Fällen wäre es unnötig – und würde bloß Verwirrung stiften –, sämtliche elementaren Aspekte der Dinge, mit denen wir hantieren, im Auge zu behalten. Wir strukturieren unsere Erfahrung, indem wir Modelle konstruieren, die so einfach sind wie möglich und so komplex wie nötig. Bei dem Versuch, sie anzuwenden, wissen wir: Jedes Modell, so komplex es auch sein mag, ist weniger kompliziert als die Wirklichkeit, der es gerecht zu werden versucht – wahrscheinlich unendlich viel weniger.

Wir könnten dies mit dem Satz ausdrücken: „Die Realität ist unendlich komplex.“ Diese scheinbar metaphysische Aussage ist in der Tat ganz sinnvoll. Sie bedeutet einfach erstens, dass jedes praktikable Modell weniger komplex sein muss als die Dinge, die es modelliert; und zweitens,

dass niemand vorher wissen kann, ob und wann dieses Modellbauen je zu einem Ende kommen wird. Somit reduziert jedes komplexe Modell die reale Komplexität, vereinfacht dadurch die Dinge und erleichtert das Leben.

## Komplexitätsreduktion in der Wärmelehre

Vor erstaunlich kurzer Zeit debattierten die Physiker noch, ob es überhaupt Atome gibt. Der österreichische Philosoph und Physiker Ernst Mach (1838–1916) war beispielsweise ein überzeugter Positivist und Sensualist. Er glaubte nur an „positive“ – empirisch bestätigte – Sinnesdaten und betrachtete jede Aussage über Dinge, die sich jenseits unserer Anschauung in einer objektiven Realität aufhalten sollen, als pure Metaphysik, das heißt Unsinn. Da sich zu seiner Zeit niemand ein Mikroskop vorstellen konnte, das einzelne Atome sichtbar macht, wurde er unweigerlich wütend, wenn jemand Atome erwähnte, und pflegte zu höhnen: „Ham’s eins g’sehn?“

Machs Landsmann und Kollege Ludwig Boltzmann (1844–1906) war hingegen überzeugter Atomist und Mitbegründer der statistischen Thermodynamik, einer Theorie der Wärme, die von atomaren Bewegungen ausgeht.

Wie gesagt – damals war es unmöglich, einzelne Atome zu beobachten, geschweige denn ihre Orte und Geschwindigkeiten zu messen. Heutzutage könnten wir das im Prinzip erreichen. Doch selbst kleine makroskopische Objekte oder Gasmengen enthalten so viele Atome, dass nicht

einmal ein moderner Supercomputer sie alle zu verfolgen vermag. Es ist aber auch gar nicht nötig, sämtliche einzelnen mikroskopischen Teilchen zu beobachten, um zu beschreiben, wie sich das makroskopische Objekt verhält, das aus ihnen besteht. Wenn Wasser auf dem Herd steht, bewegen sich die Wassermoleküle immer rascher, und die schnellsten entkommen als Dampf. Im Alltag halten wir uns – genau wie die Experimentalphysiker zu Zeiten Machs und Boltzmanns – nicht damit auf, einzelne Wasserpartikel zu beobachten. Wir messen einfach mit dem Thermometer, dass das Wasser sich erwärmt, und wir können zusehen, wie es zu verdampfen beginnt und schließlich bei 100 Grad Celsius kocht.

Mit der Theorie der Thermodynamik machten Physiker wie Boltzmann gewissermaßen aus der Not unseres mangelnden Wissens über das Schicksal jedes einzelnen Atoms in einem Gas eine Tugend, indem sie große Teilchenmengen statistisch beschrieben. Was bedeutet Temperatur? Sie ist ein Maß für die mittlere kinetische Energie der Teilchen: Je höher diese Energie, desto wärmer das Gas, und umgekehrt. Was ist Druck? Die Kraft der Teilchen (pro Flächeneinheit), welche die Wand des Gasbehälters bombardieren. So entsteht oder „emergiert“ der makroskopische Zustand eines Systems – charakterisiert durch Volumen, Temperatur und Druck – aus der statistischen Beschreibung des mikroskopischen Systemzustands, der durch Ort und Geschwindigkeit jedes Einzelteilchens definiert ist.

Und was ist mit der Entropie, dem faszinierendsten Begriff der Thermodynamik? Die Wärmelehre, die zunächst zur Beschreibung der Dampfmaschine, des

Motors der industriellen Revolution, diente, hatte die Entropie als ein Maß für die Dissipation der thermischen Energie eingeführt: Wenn wir Wärme verwenden, um Bewegung zu erzeugen, zum Beispiel einen Motor anzutreiben, geht unweigerlich ein Teil der Wärmeenergie in die Umgebung verloren. Die Entropie nimmt damit zu.

Doch nun definierte Boltzmann die Entropie atomistisch – als den Logarithmus der Anzahl aller mikroskopischen Zustände eines Systems, die denselben makroskopischen Zustand ergeben. Somit besagt die Entropie, wie viele unterschiedliche Konfigurationen sämtlicher winziger Teilchen als makroskopisch gleich zu betrachten sind, da sie ein und demselben Gesamtzustand des Systems entsprechen. Zum Beispiel würde es keinen Unterschied machen, wenn wir zwei Gaspartikel vertauschten und jedes sich wie das jeweils andere verhielte. Ganz allgemein könnten wir die Orte und Geschwindigkeiten mehrerer Teilchen auf viele subtile Arten so verändern, dass das Gesamtbild nicht beeinflusst würde. Der Logarithmus der Anzahl all dieser mikroskopischen Möglichkeiten ergibt die Entropie des großen Systems. Dass wir hier den Logarithmus einsetzen und nicht die Anzahl selbst, hat technische Gründe. Er garantiert, dass die Entropie sich additiv verhält: Die Gesamtentropie eines Systems, das aus zwei Teilen zusammengefügt wird, ist die Summe der Entropien der Teilsysteme.

Diese abstrakte Definition der Entropie wird oft als „Unordnung“ veranschaulicht: Das Wachstum der Entropie entspricht wachsender Unordnung. Beispielsweise kann ein homogen verteiltes Gas, das ein Volumen im thermischen Gleichgewicht erfüllt, viel mehr

mikroskopisch äquivalente Zustände haben als dasselbe Gas, wenn es in einer Ecke desselben Volumens konzentriert ist oder eine Geschwindigkeitsverteilung fern vom Gleichgewicht besitzt. Im ersteren Fall sind Entropie und „Unordnung“ hoch, im letzteren niedrig.

## Die Emergenz der Zeit

Oben wurde en passant behauptet, dass der makroskopische Systemzustand aus mikroskopischen Zuständen „emergiert“ – soll heißen daraus entsteht, auftaucht oder herauskommt, eben durch sogenannte Emergenz. Soweit es die makroskopischen Größen Volumen, Temperatur und Druck betrifft, mutet deren Emergenz freilich eher primitiv an: Eine riesige Anzahl von mikroskopischen Größen wird statistisch zu drei Makrogrößen komprimiert. In diesem Fall reduziert die Emergenz die Komplexität des Verhaltens vieler Atome dadurch, dass sie deren Durchschnittsverhalten charakterisiert – aber ist das nicht eine enttäuschende Transformation? Unter Emergenz versteht man in der Regel etwas, das komplexe Phänomene nicht bloß vereinfacht, sondern auch etwas Neues erzeugt; Emergenz sollte aus einem komplexen System nach gängigem Verständnis „mehr als die Summe seiner Teile“ machen, nicht weniger!

Zugunsten der „emergenten“ Größen Volumen  $V$ , Temperatur  $T$  und Druck  $p$  könnte man immerhin anführen, dass sie der makroskopischen Zustandsgleichung für ideale Gase  $p \times V = \text{const.} \times T$  genügen, welche sich mit Hilfe der oben erwähnten statistischen Interpretation dieser

Größen leicht auf die Stoßbewegungen mikroskopischer Gaspartikel zurückführen lässt. Doch das echte Wunder der Emergenz wird erst durch die Entropie vollbracht. Bekanntlich hängt diese makroskopische Größe nicht nur mit der Unordnung eines Zustands zusammen, sondern vor allem mit seiner Wahrscheinlichkeit: Je mehr mikroskopische Zustandsmöglichkeiten ein makroskopischer Zustand birgt, desto wahrscheinlicher ist er. In jedem sich selbst überlassenen System ist Unordnung wahrscheinlicher als Ordnung; darum tendieren abgeschlossene Systeme von Natur aus zu Unordnung und höherer Entropie.

Diese Entwicklungsrichtung – ausgedrückt im zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, der postuliert, dass die Entropie abgeschlossener Systeme niemals abnimmt – erzeugt in der Tat etwas Neues: Sie führt in die Physik den Zeitpfeil ein. Die Tatsache, dass Vergangenheit und Zukunft nicht das Gleiche sind, „emergiert“ aus der statistischen Beschreibung komplexer Mikrosysteme.

Das ist wirklich bemerkenswert. Der Fortgang der Zeit emergiert aus der Statistik! Als Boltzmann seine Theorie formulierte, schüttelten prominente Kollegen den Kopf. Bleiben nicht alle physikalischen Grundgleichungen unverändert, wenn man die Zeitrichtung umkehrt? Der Lauf der Planeten, die Wurfbahn eines Steins, die Kollision von Billardkugeln – all das kann sich zeitlich umgekehrt entwickeln, ohne ein physikalisches Gesetz zu verletzen. Sämtliche mikrophysikalischen Wechselwirkungen der Gaspartikel, wenn man sie sich vereinfacht als winzige Billardkugeln vorstellt, sind reversibel; aber als statistisches Ensemble benehmen sie sich irreversibel!

Kein Wunder, dass das für Boltzmanns Zeitgenossen schwer zu verdauen war. Durch eine statistische Beschreibung, welche die komplexen Interaktionen unzähliger Partikel radikal vereinfacht, emergiert unsere sich irreversibel von der Vergangenheit zur Zukunft entwickelnde Makrowelt aus einer ganz und gar reversiblen Mikrowelt. Wenn wir dieses innerphysikalische Beispiel kühn verallgemeinern, können wir nun Emergenz definieren als die Erzeugung einer qualitativ neuen Eigenschaft durch Reduktion von Komplexität.

Wie das Beispiel illustriert, liegt die emergente Eigenschaft näher bei unserer konkreten Alltagserfahrung als das System, aus dem sie entsteht. Unser Leben geht zeitlich vor sich; wie erinnern uns an die Vergangenheit und wissen nicht, was die Zukunft bringen mag. Vor unseren Augen spielen sich niemals vollkommen reversible Prozesse ab; sie sind Abstraktionen, Idealisierungen. Philosophisch gesprochen – und angelehnt an eine Bemerkung von Karl Marx (1818–1883) aus seiner „Einleitung zur Kritik der Politischen Ökonomie“ über den Fortgang des Wissens über komplexe Wirtschaftssysteme – können wir formulieren: Emergenz steigt auf vom Abstrakten zum Konkreten.

## Wie real ist die Emergenz?

Was könnte realer sein als eine „konkrete“ Tatsache der Alltagserfahrung wie der Zeitpfeil? Doch da emergente Eigenschaften aus der Reduktion komplexer Systeme hervorgehen, könnte man umgekehrt argumentieren, nur diese komplexen Systeme seien real, die Emergenz

hingegen nicht. Das wäre der radikal reduktionistische Standpunkt. In der Tat betrachten theoretische Physiker, die sich mit Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie befassen und sie mit der Quantenmechanik zu einer „Theorie von Allem“ namens Quantengravitation vereinen möchten, die Zeit bloß als die vierte Koordinate der Raumzeit; sie beschreiben die Welt als ein vierdimensionales „Blockuniversum“, das einfach da ist. Was wir als Entwicklung erleben, ist das, was geschieht, wenn wir uns längs der Zeitkoordinate bewegen; in der Realität als Gesamtheit steht alles für immer fest. In diesem Sinn betrachtete schon Einstein die Zeit als Illusion.

Paradoxerweise neigen wir dazu, eine Lebensstatsache umso mehr als „Illusion“ zu betrachten, je besser wir die betreffende Tatsache verstehen, das heißt, je mehr wir sie als emergent zu erklären vermögen. Das ist seit kurzem bei Bewusstseinsphänomenen der Fall; offensichtlich beruht die reduktionistische Deutung mentaler Phänomene auf dem Fortschritt von Hirnforschung und Neurowissenschaft. Wenn in den berühmten Experimenten des amerikanischen Physiologen Benjamin Libet (1916–2007) die Versuchsperson beschließt, zu einem bestimmten Zeitpunkt einen Finger zu bewegen, während zugleich ihre Hirntätigkeit zeitlich genau verfolgt wird, so reduziert dies den Entscheidungsprozess auf neurophysiologische Wechselwirkungen – und unser „freier Wille“ scheint als Illusion entlarvt zu werden. Bekanntlich fand Libet, das Gehirn werde sogar schon vor der bewussten Entscheidung des Probanden aktiv, doch dieses umstrittene Resultat verschärft nur noch die reduktionistische Wirkung derartiger Experimente.

Aber warum sollte es nötig sein, einen Begriff als „bloße Illusion“ über Bord zu werfen, nur weil er sich wissenschaftlich erklären lässt – was eben stets bedeutet: Er kann auf etwas anderes reduziert werden? Wir sprechen weiterhin von Temperatur, obwohl wir wissen, dass es sich „nur“ um atomare Zufallsbewegungen handelt; wir beschreiben und analysieren Gedanken und andere Bewusstseinsphänomene, obwohl sie „nichts als“ neuronale Interaktionen sind; wir schätzen Lieder über Sonnenauf- und -untergänge, obwohl seit Jahrhunderten bekannt ist, dass die Bewegung der Sonne eine von der Erdrotation erzeugte Illusion ist.

Beispielsweise ist der „freie Wille“ ein intuitiv überzeugendes, obgleich philosophisch seit jeher umstrittenes Konzept: eine ursachenlose Ursache für spontanes Handeln. Indem die Wissenschaft den physiologischen Hintergrund von bewussten Entscheidungen untersucht, zerstört sie das Konzept von absoluter Freiheit. In diesem Sinn erweist die Forschung den freien Willen als Illusion. Doch daraus folgt nicht, dass wir für unsere Taten nicht verantwortlich sind. Die Feststellung, dass alles, was wir entscheiden und tun, Ergebnis mikroskopischer – atomarer, chemischer, physiologischer – Prozesse ist, umschreibt ganz zu Recht den Bereich der einschlägigen Wissenschaften, aber ansonsten ist diese Aussage leer, unpraktisch, geradezu metaphysisch. Sie beschreibt nicht, geschweige denn erklärt sie das hochgradig emergente Phänomen, wie eine Person sich in einem moralischen Dilemma zwischen Richtig und Falsch oder „Gut“ und „Böse“ entscheiden muss.

Wie oben postuliert, ist die Realität komplex, sogar unendlich komplex. Doch daraus folgt nicht notwendig,

dass jede Reduktion von Komplexität weniger real sein muss. Sie kann mehr oder weniger angemessen sein. Wir erkennen eine erfolgreiche Reduktion daran, dass sie einen traditionellen, vielleicht sogar vorwissenschaftlichen Begriff adäquat wiedergibt. Dieser mag seit unvordenklichen Zeiten in Gebrauch sein, wurde aber nie zuvor als emergente Qualität erkannt. Bei diesem Erkenntnisvorgang wird der traditionelle Begriff expliziert – das heißt erklärt, reduziert und modifiziert. Oft wird eine solche Neuinterpretation nicht gleich akzeptiert. Es kann Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte dauern, bis sie sich etabliert hat, wie das bei kulturellem Wandel nun einmal üblich ist.

Zum Beispiel liegt es intuitiv nahe, sich selbst und andere als physische Körper zu betrachten, die von unsichtbaren Seelen bewohnt und gesteuert werden. Kinder entwickeln diese „Theory of Mind“ spontan, und die meisten Kulturen und Religionen vertreten modifizierte Versionen davon. Die Wissenschaft vertreibt nun diesen Leib-Seele-Dualismus allmählich und entlarvt ihn als Illusion – doch wir werden gewiss fortfahren, mentale Phänomene als unterschiedlich von Körpervorgängen wie der Verdauung zu betrachten.

Eine solche angemessene, erfolgreiche Komplexitätsreduktion dürfen wir als Indiz für einen Fall von „wirklicher“ Emergenz betrachten. Wenn die Beschreibung eines abstrakten komplexen Systems mittels Komplexitätsreduktion zu emergenten konkreten Eigenschaften führt, die wir zwar schon vorher kannten, aber bisher als unerklärliche Lebensstatsachen betrachteten, dann haben wir echte Emergenz entdeckt.

## Was Komplexität nicht vermag

Da Komplexität und Emergenz sehr unscharfe Begriffe sind, wirken sie verführerisch: Sie scheinen das Versprechen einer einheitlichen Theorie für Strukturen und deren Entwicklung zu enthalten. Doch an sich haben diese Begriffe keine Erklärungskraft; sie bezeichnen nur Fälle von „qualitativem“ Wandel, wie den Phasenübergang von Flüssigkeit zu Gas am Siedepunkt.

Tatsächlich haben mit Komplexität zusammenhängende Ideen nicht die in sie gesetzte Hoffnung erfüllt, sie könnten als Grundlage einer allgemeinen Theorie der Natur dienen. In den 1980er Jahren trugen viele wissenschaftliche Aufsätze „Chaos“ und „Fraktal“ im Titel, und der belgische Chemienobelpreisträger Ilya Prigogine (1917–2003) propagierte einen Wandel der wissenschaftlichen Methodik „vom Sein zum Werden“. Er hatte chemische Prozesse fern vom thermischen Gleichgewicht analysiert und unterschiedliche Beispiele für das spontane Entstehen geordneter Strukturen beschrieben. In seinen späteren Jahren versuchte er eine allgemeine Theorie der Selbstorganisation zu schaffen, die Ameisenkolonien und menschliche Siedlungen einschließen sollte.

Der französisch-amerikanische Mathematiker Benoît Mandelbrot (1924–2010), der als Forscher für die Computerfirma IBM arbeitete, veröffentlichte 1982 ein bahnbrechendes Buch über *Die fraktale Geometrie der Natur*. In den 1980er Jahren wurden Personalcomputer zum Allgemeingut, und nun konnte man damit faszinierende Bilder von Reisen durch die unendlichen „selbstähnlichen“

Details der berühmten Mandelbrot-Menge erzeugen. Fraktale Mengen schienen die passende Mathematik für die Beschreibung „rauer“ oder „chaotischer“ Phänomene zu liefern, von der Geometrie von Küstenlinien und Blumenkohl bis zum Verhalten von Aktienmärkten.

Die technische Grundlage dieser Entwicklungen bildete die allgemeine Zugänglichkeit von Computern. Diese können das Verhalten „chaotischer“ nichtlinearer Systeme simulieren und die Werte sogenannter iterierter Funktionen mit hoher Geschwindigkeit numerisch berechnen. Heutzutage liefern Supercomputer auf dieser Grundlage verlässliche Wettervorhersagen und umfassende Klimamodelle, simulieren „chaotische“ Verbrennungsvorgänge oder berechnen komplexe Wechselwirkungen fundamentaler Teilchen.

Das sind große Errungenschaften, aber sie ebneten nicht den Weg zu einer einheitlichen Theorie komplexer Phänomene. Prigogine versuchte am Ende sogar eine fundamentale Theorie der Quantenmechanik zu entwickeln, die auf mathematischen Begriffen aus der statistischen Thermodynamik beruhte und den Zeitpfeil einschloss – aber ohne Erfolg.

Aus diesem Fehlschlag lässt sich vielleicht eine allgemeine Lehre ziehen. Die Weiterentwicklung komplexer Systeme vermag durch Emergenz ganze Hierarchien von Phänomenen zu erzeugen, die wissenschaftlichen Fachbereichen entsprechen und aufeinander ruhen wie die Stockwerke eines Turms. Diese Evolution führt, wie von John Maynard Smith und Eörs Szathmáry 1995 in *The Major Transitions in Evolution* beschrieben, „aufwärts“ von ganz abstrakten zu immer konkreteren Modellen: von der

Elementarteilchenphysik zu statistischen Ensembles und zur Chemie, von dort zu Biochemie und Biologie und weiter zum Studium von Ökologie und Gesellschaften.

## Die Richtung der Emergenz

Doch die Emergenz ist eine Einbahnstraße; der Erklärungsaufzug in diesem hierarchischen Gebäude fährt nur aufwärts, nie abwärts. Es ist möglich, die nächsthöhere Ebene durch Herleiten ihrer komplexen Phänomene aus der größeren Komplexität der niedrigeren Ebene zu erklären, aber niemals umgekehrt. Die fundamentale Physik der Quantenmechanik lässt sich nicht mit den Mitteln der nächsten Ebene, der Thermodynamik, beschreiben. Der Zeitpfeil („Werden“) gehört zur Ebene der statistischen Theorie; er kann nicht abwärts ins Erdgeschoss der reversiblen Teilchenphysik („Sein“) projiziert werden.

Einen solchen Fehler scheinen mir jene Physiker zu begehen, die versucht haben, mit dem Begriff „Information“ die Quantenphysik zu erklären. Sie behaupten, die physikalische Realität bestehe auf der fundamentalsten Quantenebene weder aus Materie noch Energie, sondern aus Information. Doch wie die Entropie gehört jeder quantifizierbare Begriff von Information nicht zur zeit-symmetrischen Quantenmechanik, sondern entstammt der nächsthöheren Ebene, der statistischen Thermodynamik.

Noch viel weniger lassen sich hochgradig emergente Phänomene wie Intentionen, Entscheidungen oder „freier Wille“ irgendwie direkt aus dem Unbestimmtheitsprinzip

der Quantenmechanik herleiten, obwohl diese immer wiederkehrende Idee anscheinend große Anziehungskraft ausübt. Quantenmechanische Unbestimmtheit erklärt nicht Entscheidungsfreiheit.

Dieses Beispiel zeigt: Selbst wenn die Emergenz scheinbar in der richtigen Richtung wirkt, das heißt „aufwärts“, kann sie fehlgehen, wenn dabei eine sogenannte Sphärenvermischung stattfindet. Ein bekanntes Beispiel ist der Sozialdarwinismus. Er überträgt biologische Begriffe wie „Kampf ums Dasein“ und „Überleben des Tüchtigsten“ unkritisch auf die Soziologie. Dabei werden metaphori-sche Ausdrücke, die Charles Darwin für seine Erklärung der biologischen Evolution prägte – in der Tat angeregt durch zeitgenössische Ideen des britischen Ökonomen Robert Malthus (1766–1834) –, missverstanden als vermeintlich naturwissenschaftlich herleitbare Ziele und Werte für menschliche Kulturen. Doch der biologischen Evolution liegt das Prinzip der genetischen Vererbung zugrunde, während die Geschichte menschlicher Gemeinschaften auf der Weitergabe von kulturellem Erbe beruht.

Andererseits folgt daraus keineswegs, dass die beiden Bereiche absolut nichts gemein hätten; schließlich hat sich die soziale Domäne allmählich in wissenschaftlich rekonstruierbaren Schritten aus dem biologischen Naturreich entwickelt. Darum gibt es ein faszinierendes Gegenbeispiel zum sozialdarwinistischen Missbrauch der Biologie in der Soziologie: die Erforschung der Emergenz von Kooperation und „Altruismus“ unter Tieren sowie unter auf den eigenen Vorteil bedachten Agenten in sozialen Spielen. Offensichtlich sind isolierte Individuen an sich durch ihre biologische Fitness definiert; zusätzlich beginnen sie in

ihren Interaktionen mit ihresgleichen Anzeichen von altruistischem Verhalten zu zeigen, das sich dann im Nachhinein als „kulturell“ interpretieren lässt.

Damit entwickeln die Individuen einer Population Emergenz wie die Atome eines Gases. Jedes einzelne verhält sich nach zeitlosen Gesetzen, doch insgesamt haben sie eine Geschichte in der Zeit. Solange Robinson auf seiner Insel allein blieb, kreisten Tag und Nacht, Regen und Sonnenschein, Flut und Ebbe in ewiger Wiederkehr. Erst als ein anderes menschliches Wesen erschien, dem Robinson passenderweise den Namen des Wochentags gab, an dem der Mitmensch auftauchte, begann für ihn die Zeit erneut zu fließen.



<http://www.springer.com/978-3-662-54890-5>

Unendliche Neugier

Was die Wissenschaft treibt

Springer, M.

2017, XIV, 287 S. Book + eBook., Softcover

ISBN: 978-3-662-54890-5