



# Kausale Emergenz

## Description

Können Lebewesen mit Bewusstsein und viele andere makroskopische Systeme die Zukunft stärker beeinflussen als all ihre mikroskopischen Bausteine zusammen? Geht es nach vielen Vertretern der modernen Physik oder der Biotechnologie, so liegt der Schlüssel in der immer weiter verfeinerten Suche nach immer kleineren Bausteinen.

Erik Hoel, theoretischer Hirnforscher an der Columbia University, vertritt die entgegengesetzte Position, wie kürzlich in „[Spektrum der Wissenschaft](#)“ dargelegt. Hoel argumentiert, es könne keine handelnden Wesen geben, wenn man die Welt mit den Augen des Reduktionismus betrachte. Für Anhänger dieser Weltsicht, zu denen die meisten heutigen Naturwissenschaftler zählen, sind die Handlungen von mit Bewusstsein ausgestatteten Individuen die Folge komplizierter Wechselspiele von Ursachen und Wirkungen zwischen den Atomen in deren Gehirn und in deren Umgebung.

Makroskopische Zustände wie etwa Leidenschaften oder Überzeugungen sind aber nach Hoel nicht nur sprachliche Hilfsmittel, die mikroskopische Ursachen zusammenfassend beschreiben. Keine noch so genaue mikroskopische Beschreibung eines Systems kann solche Zustände von oben erfassen. Ursachen von Handlungen können auf der Ebene von atomaren Kategorien kaum sinnvoll erkannt werden, sagt Hoel.

Prozesse auf der makroskopischen Ebene können „kausale Energie“ gewinnen. Hoel argumentiert, makroskopische Zustände könnten das Rauschen (und damit die kausale Unschärfe) in der Struktur physikalischer Systeme reduzieren. Dadurch werde das System auf der makroskopischen Ebene in seinem Verhalten vorhersagbarer. Hier gibt es Parallelen zum Ansatz des Mathematikers und Gründers der Informationstheorie Claude Shannon, der 1948 nachwies, dass bestimmte Codes das Rauschen (und damit die informationstheoretische Unschärfe) bei der Datenübermittlung verringern können.

Die Theorie der kausalen Emergenz hat den Anspruch, viele „emergente“ Phänomene erklären zu können, also solche, die sich aus dem Verhalten ihrer Teile nicht oder kaum vorhersagen lassen. Beispiele dafür sind supraleitende Materialien oder die Aggregatzustände der Materie. Kausale Emergenz könnte auch in anderen kollektiven Systemen wirken, etwa in Vogelschwärmen oder Superorganismen. [Emergenz](#) ist ein Begriff aus der Systemtheorie, der das selbstorganisierte Entstehen von geordneten Strukturen aus Unordnung, bzw. Chaos thematisiert.

Bei Physikern dominiert seit Jahrhunderten der Reduktionismus – sie suchen die „Wahrheit“ in immer kleineren Strukturen. Sie sind neuen erkenntnistheoretischen Ideen gegenüber nicht besonders



aufgeschlossen. Für sie ist typisch, zu glauben, man kann alles bis ans Ende der Zeit vorhersagen, sobald man alle mikroskopischen Zustände des gesamten Universums kennt. Aus deren Sicht macht es keinen Sinn, von unterschiedlich starker kausaler Wirkung auf verschiedenen Ebenen zu sprechen. Die kausale Emergenz findet dagegen in den Grenzbereichen zwischen Physik, Biologie, Informationstheorie und Philosophie mehr Anhänger.

Die unterschiedlichen Auffassungen gehen zurück auf die Frage: Was ist eine Ursache?

Ein Physiker sucht Ursachen in Zuständen von Elementar-Teilchen, die durch die Naturkräfte aufeinander wirken. Diese Kräfte wirken vollkommen deterministisch und zuverlässig, ihre Wirkungen sind gut vorhersagbar. Das gilt jedenfalls bei isolierter Betrachtung einzelner Teilchen im Experiment. Vorhersagen werden unsicher, wenn die Zahl der Interaktionen so groß wird, dass man sie nicht gleichzeitig messen kann. Genau das ist aber in der Realität der Normalfall.

In der Realität finden gleichzeitig unendlich viele Prozesse auf unzähligen unterschiedlichen Ebenen (mikro bis makro) statt und erzeugen auf untergeordneten Ebenen ein stark „verraushtes“, unscharfes, „chaotisches“ Bild. Wenn aber auf jeweils gleicher Ebene zahlreiche gleichartige Prozesse parallel ablaufen, kann man die unscharfen Ergebnisse dieser Einzel-Prozesse auf einer höheren Ebene zusammenfassen und erhält (unter der Voraussetzung statistisch gleichverteilten „Rauschens“) ein „eindeutigeres“ Ergebnis der Prozesse der untergeordneten Stufe – die Menge effektiver Information nimmt zu. Diese übergeordnete Ebene kann somit eine größere kausale Wirkung auf die künftigen Zustände des gesamten Systems haben, so Hoel.

Er gebraucht ein einfaches Beispiel. Wenn jemand mir mittags den Zustand aller seiner Atome mitteilt, kann ich daraus niemals den Zustand seiner Atome zwölf Stunden später ableiten. Kenne ich dagegen seine psychologische oder physiologische Verfassung, kann ich ziemlich sicher sein, dass dieser dann schläft. Zusammenhänge können, auf einer höheren Ebene betrachtet, zuverlässiger sein.

Hoel und Kollegen konnten mathematisch beweisen, dass jedes beliebige System sein Maximum effektiver Information auf der Ebene erreicht, die die größte und zuverlässigste kausale Struktur besitzt. Und das könnte nicht nur für die Ebene bewusster Entscheidungen im Gehirn zutreffen, sondern auch auf alle anderen Objekte, die wir in der Welt wahrnehmen, auf Steine, einen Tsunami, einen Planeten. Der Grund dafür, dass wir evolutionär auf die Wahrnehmung solcher Objekte eingestimmt sind, könnte darin liegen, dass sie auf der Ebene, die wir von ihnen wahrnehmen, am meisten effektive Information aussenden, sagt Hoel. Und weiter: „Das würde bedeuten, dass auch die Objekte unserer Wahrnehmung kausal emergent sind.“

Nach der Theorie der kausalen Emergenz besitzen höhere Ebenen von Systemen mehr kausalen Einfluss als darunterliegende. Offenbar ist es aber nicht notwendigerweise die höchste Ebene eines Systems, die den höchsten Grad an effektiver Information liefert. Es ist auch möglich, dass wichtige Details über die kausale Struktur eines Systems auf höheren Ebenen wieder verloren gehen, die effektive Information nimmt dann also wieder ab oder zumindest nicht weiter zu.

Der Philosoph David Chalmers schreibt, es gibt ein „einfaches Problem“, nämlich wie neuronale Schaltkreise komplexes Verhalten erzeugen, und es gibt ein „hartes Problem“, nämlich die Frage, was bewusste Wesen von Automaten unterscheidet.

Hoel und Kollegen versuchen in Bezug auf die „harte Frage“ von Chalmers zu zeigen, dass es Verursachungen auf höheren Ebenen bewusster Lebewesen gibt, die sie von anderen physikalischen Systemen unterscheidet. Dazu muss gezeigt werden, dass effektive Information tatsächlich die kausale Wirkung misst, die wir wahrzunehmen glauben. Das ist nicht trivial, weil man zur Beurteilung dieser Frage eine der betrachteten Ebene übergeordneten Standpunkt einnehmen muss. Man muss, vereinfacht gesagt, Bewusstsein mit Bewusstsein untersuchen. Das aber ist das Grundproblem jedes erkenntnistheoretischen



Ansatzes.

Hoel sagt: „Es ist, als hätten wir die Tür einen Spalt breit geöffnet. Wir können jetzt für bestimmte Systeme beweisen, dass sie Ursachen auf den höheren Ebenen erzeugen.“

Von Aristoteles stammt der Satz „Die Summe ist mehr als die Summe ihrer Teile“. Das beinhaltet einerseits die Aussage von Struktur und Ordnung, die Summe und ihre Teile müssen identifizierbar sein. Zu anderen steckt darin die Behauptung, eine höhere Ebene habe in Bezug auf ihre Teile eine neue Qualität. Das ist plausibel, weil die Teile einer Gesamtheit normalerweise in Interaktion stehen und die Summe damit sowohl aus den Teilen als auch aus deren Beziehungen zueinander besteht. Insofern kann die Aussage von Aristoteles durchaus im Sinne der kausalen Emergenz verstanden werden.

[Unter Verwendung von Material aus „[Ist die Realität mehr als die Summe ihrer Teile?](#)“]

Versuchen Sie mal, bei einem Stein von seiner atomaren Ebene auf seine aktuelle Gestalt zu schließen! Erik Hoel hat eine System-Theorie formuliert, nach der ein „System“ hinsichtlich seines „Seins“ einen von der mikroskopischen zur makroskopischen Ebene hin zunehmenden Informationsgehalt hat. Die Annahme, nach der das „Rauschen“ auf granularer Ebene höher ist als auf übergeordneten Stufen, erscheint mir durch informationstheoretische Ansätze und durch die Dialektik von Chaos und Ordnung gestützt.

#### **Ergänzung:**

(7.7.18) Das Thema der kausalen Emergenz lässt sich auf die gesellschaftspolitische Ebene übertragen. Die Mitglieder einer Gesellschaft haben tausenderlei unterschiedliche Meinungen zu allen möglichen gesellschaftspolitischen Aspekten. Das entspricht dem Chaos analog etwa zu Prozessen auf der atomaren Ebene (s.o.). Das "Meinungs-Chaos" der einzelnen Mitglieder der Gesellschaft verdichtet sich auf der Ebene der Gesamtgesellschaft zu einer mehr oder weniger klaren politischen Strömung, die dann zu einer bestimmten Regierungsform und Regierung führt. Diese ist wiederum Bedingung und Ursache für weitergehende politische Prozesse.

Bei diesem Prozess von Chaos zu Struktur, von Meinungsvielfalt zu gesamtgesellschaftlichem Willen, kommt es darauf an, dass dieser Wille tatsächlich die Mehrheitsmeinung widerspiegelt. Das Ideal der Demokratie will genau das sicherstellen. In Hoels Terminologie wäre damit ein Höchstmaß an effektiver Information erreicht und somit die kausale Wirkung des Ergebnisses eines solchen Meinungsbildungsprozess auch besonders hoch.

Und umgekehrt (und damit näher an der Realität): Ist dieser gesellschaftliche Meinungsbildungsprozess fortschreitend nicht "optimal", wird die kausale Wirkung seines Ergebnisses immer geringer. Das wiederum führt zu den Konsequenzen hinsichtlich Totalitarismus und Ende der demokratischen Illusionen, wie sie Hannah Arendt beschrieben hat – siehe [hier](#) und [hier](#).