



JESSE CHEHAK

Lebentheoretiker Kauffman: „In der Physik passieren die Dinge nur, biologische Systeme hingegen handeln“

„Das ist Futter, das ist Gift“

Der amerikanische Komplexitätsforscher Stuart Kauffman über die Geburt des Lebens aus einer Molekülsuppe, die Kreativität des Universums und das Heilige in der Natur

Kauffman, 70, arbeitet am Santa Fe Institute. Bekannt wurde er mit seiner These, dass nicht nur die darwinistische Auslese zur Entstehung höherer Organismen führt, sondern auch die Selbstorganisation von Materie.

SPIEGEL: Professor Kauffman, es gibt nur zwei Weisen, die Welt zu betrachten, soll Albert Einstein einmal gesagt haben: Entweder man glaubt, dass nichts auf der Welt ein Wunder sei, oder aber, dass es nichts als Wunder gibt. Welcher Sicht neigen Sie zu?

Kauffman: Die allermeisten Wissenschaftler sind ja überzeugt, Wunder könne es nicht geben, weil alles im Universum Folge physikalischer Gesetze ist. Ich aber bezweifle das.

SPIEGEL: Wie bitte? Sie ziehen die Gültigkeit der Naturgesetze in Zweifel?

Kauffman: Natürlich sind die Naturgesetze gültig, nur eben nicht immer und überall. Und falls ich damit recht haben sollte, dann

handelt es sich um etwas sehr Bedeutsames. Denn wir reden hier über den mehr als 2000 Jahre alten Traum von der vollständigen Erklärbarkeit der Welt. Es ist der Traum des Aristoteles, der Traum Einsteins, Newtons und Descartes'. Es handelt sich um die Vorstellung, dass sich das Universum verhält wie eine große Rechenmaschine ...

SPIEGEL: ... die Sie nicht teilen?

Kauffman: Verstehen Sie mich nicht falsch. Ich glaube nicht an Wunder in dem Sinne, dass ein übernatürlicher Gott die Geschichte der Welt lenkt. Wenn ich von „Wundern“ spreche, dann meine ich Vorgänge, die sich aus keinem Naturgesetz ableiten lassen.

SPIEGEL: Und in diesem Sinne glauben Sie an Wunder?

Kauffman: Ich bin überzeugt, dass wir im Universum die Spur einer enormen, zumindest teilweise keinen Gesetzen unterworfenen Kreativität finden. Wenn Sie dies Wunder nennen, dann bekenne ich: Ja, ich glaube daran.

SPIEGEL: Einer der wohl rätselhaftesten Vorgänge in der Geschichte des Universums ist die Entstehung des Lebens: Irgendwie begannen leblose Moleküle plötzlich zu leben. Handelt es sich hier um eines dieser Wunder?

Kauffman: Nicht unbedingt. Ich halte es sogar für eher wahrscheinlich, dass der eigentliche Ursprung des Lebens eine direkte Folge der Naturgesetze ist. Leben ist, anders gesagt, ein natürlicher Ausdruck des Universums. Die Gesetzlosigkeit, von der ich spreche, begann erst danach zu wirken: Die Evolution, die nach dem eigentlichen Schöpfungsakt folgte, entzieht sich der vollständigen Beschreibung durch Naturgesetze. Ich bin überzeugt davon, dass sich mit keinem Gesetz im Voraus vorhersagen ließe, welchen Weg die Evolution beschreiten wird.

SPIEGEL: Die Schwierigkeiten beginnen ja bereits mit der Definition. Wenn Sie von „Leben“ sprechen, was meinen Sie damit?

Kauffman: Nun, vermutlich wurden auf dem Weg bis zur Entstehung des Lebens eine ganze Reihe von Schwellen überschritten: Zunächst ist dazu molekulare Reproduktion erforderlich ...

SPIEGEL: ... also Moleküle, die fähig sind, sich selbst zu vermehren.

Kauffman: Ganz genau, Moleküle, die dafür sorgen, dass mehr von ihrer Sorte synthetisiert werden. Das aber reicht nicht. Des Weiteren müssen diese sich selbstvermehrenden Moleküle auf engem Raum eingeschlossen sein, in kleinen Fettbläschen zum Beispiel oder auf Lehmoberflächen. Andernfalls würden sich die Moleküle sofort in den Weiten des Ozeans verdünnen, so dass komplexe Reaktionen unmöglich würden.

SPIEGEL: Und wenn man solch ein Bläschen voll sich vermehrender Moleküle hat, dann würden Sie es Leben nennen?

Kauffman: Nicht so schnell. Es kommt noch etwas Drittes hinzu, worüber die Leute meist nicht nachdenken: Dieses System

man einfach nach dem Zufallsprinzip hinlänglich viele komplexe Moleküle herstellt.

SPIEGEL: Es reicht also, eine hinlänglich reichhaltige Molekülsuppe anzurühren, und das Leben entsteht wie von selbst?

Kauffman: Sie sagen es. Je mehr Moleküle Sie haben, desto komplexer wird das Netzwerk der sich wechselseitig verstärkenden chemischen Reaktionen. Und irgendwann entstehen unweigerlich ganze sich selbstantreibende Reaktionszyklen. Es ist ein regelrechter Phasenübergang ...

SPIEGEL: ... wie wenn sich Wasser in Eis verwandelt ...

Kauffman: ... ganz genau, nur dass sich hier sozusagen Chemie in Biologie verwandelt. Es gibt demnach einen Grad von Komplexität, an dem – plopp! – molekulare Reproduktion, also Vermehrung entsteht.

SPIEGEL: Lässt sich das auch beweisen?

Kauffman: Im Prinzip schon. Im Labor gibt es ja bereits solche Molekülsuppen aus Peptiden.

künstlichem Leben erzeugen können! Die Folgen könnten noch bedeutender sein als die der Computerrevolution.

SPIEGEL: Sehen Sie nicht auch Gefahren?

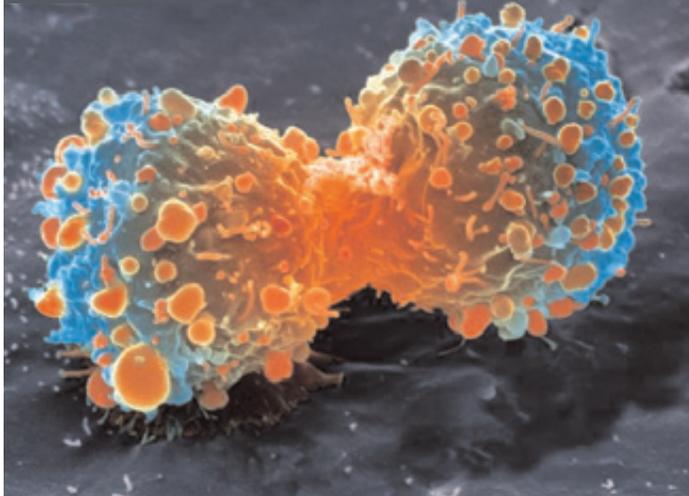
Kauffman: Sicher, es gibt ethische Bedenken. Aber aufhalten wird uns das höchstwahrscheinlich nicht.

SPIEGEL: Sie haben bisher von Peptiden geredet, also von Biomolekülen, die typisch für unser irdisches Leben sind. Aber vielleicht ließe sich Leben ja auch mit völlig anderen Molekülen verwirklichen.

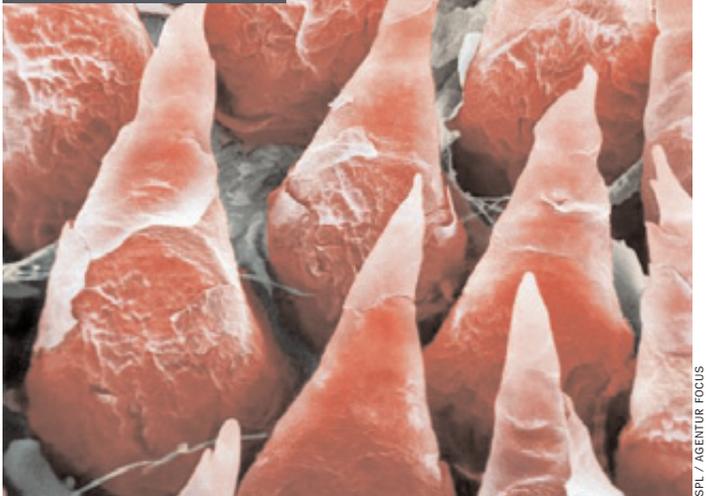
Kauffman: Ich sehe zumindest keinen Grund, warum es nicht so sein sollte. Es ist durchaus möglich, dass es in diesem Universum Lebensformen gibt, die auf der Grundlage völlig anderer Moleküle funktionieren. Organometallische Verbindungen etwa sind sehr gute Katalysatoren. Könnte es also Leben auf Grundlage solcher Verbindungen geben? Absolut!

SPIEGEL: Wenn außerirdisches Leben womöglich auf einer gänzlich anderen chemischen Grundlage beruht, würden

Lebensphänomen Krebs



Lebensphänomen Sinneszelle



muss auch noch fähig sein, mit seiner Umgebung in Wechselwirkung zu treten. Erst ein solches System kann handeln, auf die Umwelt reagieren, Einflüsse der Umwelt unterscheiden und – zum eigenen selektiven Vorteil – Entscheidungen treffen. Wir sehen hier also: Das Lebendige bringt autonom handelnde Wesen hervor.

SPIEGEL: Lässt sich denn heute noch experimentell herausfinden, wie und in welcher Reihenfolge diese Prozesse vor vier Milliarden Jahren stattgefunden haben?

Kauffman: Ich hoffe es. Jedenfalls versuchen wir, solche Vorgänge im Labor nachzuvollziehen. Es ist bereits gelungen, immer komplexere sich selbsterhaltende chemische Reaktionszyklen zu konstruieren. Die Frage ist nur: Kann die Natur so etwas von selbst erzeugen? Und genau dort setzt meine Theorie der autokatalytischen Systeme ein ...

SPIEGEL: ... die was besagt?

Kauffman: Dass Moleküle ganz automatisch beginnen, sich selbst zu vermehren, wenn

SPIEGEL: Wie viele davon braucht es denn, bis sich lebensartige Systeme bilden?

Kauffman: Wir wissen es bisher nicht. Aber im Prinzip zumindest lässt sich das errechnen. Ich schätze, dass es am Ende wohl irgendwo zwischen 10 000 und 100 000 verschiedener Peptid-Moleküle bedarf, um autokatalytische Zyklen zu starten.

SPIEGEL: Könnte man so viele Moleküle herstellen und schlicht ausprobieren, ob sich so etwas wie Leben bildet?

Kauffman: Unbedingt. Es gibt heute schon Bibliotheken, die 100 Milliarden verschiedene Peptide erfassen. Da wird es doch wohl möglich sein, 100 000 davon herzustellen und zusammenzukippen.

SPIEGEL: Nehmen wir einmal an, es gelänge, auf diese Weise Leben im Labor zu erzeugen. Was würde dies bedeuten?

Kauffman: Es wäre schon rein praktisch sehr bedeutsam. Wenn es uns gelungen ist, auf der Basis des vorhandenen Lebens Dackel oder Maispflanzen zu züchten, welche Formen von Leben wird man dann erst aus

wir es dann überhaupt als solches erkennen?

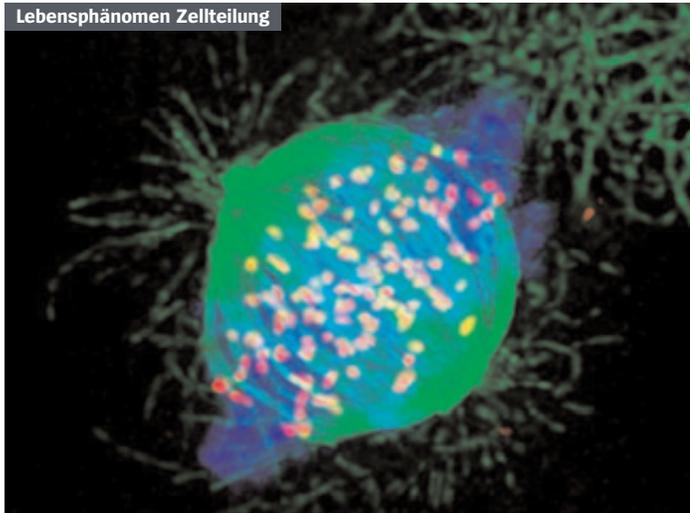
Kauffman: Wer weiß. Jedenfalls sind wir durch unsere irdische Sicht sehr befangen. Wenn wir uns beispielsweise auf die Suche nach DNA im Weltall machten, dann kann es schon sein, dass wir einige Lebensformen schlicht übersehen würden. Bei der Suche nach außerirdischem Leben sollten wir deshalb lieber nach anderen Dingen suchen, zum Beispiel nach Planeten mit Atmosphären, die sich im chemischen Ungleichgewicht befinden. Das dürfte ein wesentlich allgemeineres Indiz für Leben sein.

SPIEGEL: Sie sind überzeugt davon, dass es da draußen noch anderes Leben gibt?

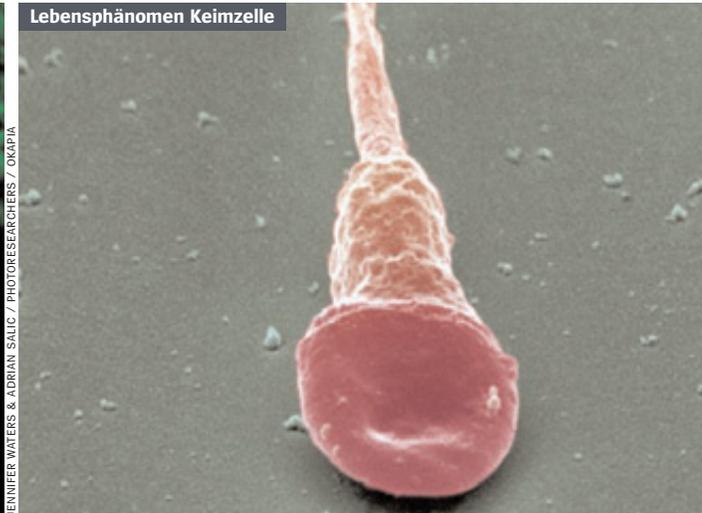
Kauffman: Ich würde darauf wetten. Und ich würde auch darauf wetten, dass es sich radikal von dem unseren unterscheidet.

SPIEGEL: Wie lange, glauben Sie, hat die Entstehung des Lebens gedauert? War es ein ganz plötzlicher Vorgang, oder zog sich dieser Prozess über Jahrmillionen hin?

Lebensphänomen Zellteilung



Lebensphänomen Keimzelle



Kauffman: Auf diese Frage hat bisher niemand eine Antwort. Wenn man, wie wir gesagt haben, 10 000 bis 100 000 verschiedene Moleküle braucht, dann fragt sich, unter welchen Bedingungen sie sich angesammelt haben könnten. Und da stehen wir zugegebenermaßen noch vor einem völligen Rätsel. Ist der Mechanismus jedoch einmal in Gang gesetzt, wird ein solches System immer komplexer.

SPIEGEL: Woher kommt dieser Trend zu wachsender Komplexität?

Kauffman: Ich will Ihnen ein Beispiel geben. Sehen Sie den Kolibri da drüben?

SPIEGEL: Wir beneiden Sie schon die ganze Zeit darum, dass Sie einen Garten haben, in dem Kolibris zwischen den Blüten schwirren.

Kauffman: Oh, es gibt viele Kolibris hier in Santa Fe. Sie suchen in den Blüten nach Nektar. Und genau darum geht es mir. Stellen Sie sich Molly vor, den Urahn aller Kolibris. Diese Molly also fliegt über eine Wiese voller blauer Blüten und sagt zu sich: „Sieh, all diese schönen Blüten.“ Und weil sie gerade hungrig ist, steckt sie ihren Schnabel in eine der Blüten und schlürft ein klein wenig Nektar daraus. Und was passiert? Ein kleines bisschen Pollen bleibt am Schnabel kleben, und als Molly zur nächsten Blüte fliegt, um noch ein bisschen Nektar zu naschen, befruchtet dieser Pollen die zweite Blume – und damit beginnt die gemeinsame evolutionäre Geschichte von Blüte und Kolibri. Ich glaube, dass in dieser Art von Geschichten der entscheidende Grund für die Komplexität der Biosphäre liegt.

SPIEGEL: In Zusammenhang mit der Evolution haben Sie vorhin von „Kreativität“ gesprochen. Was verstehen Sie darunter?

Kauffman: Ich spreche von der Kreativität der Natur oder des Universums, von einer Schöpfung ohne Schöpfer ...

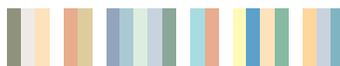
SPIEGEL: ... ein Spiel mit dem Feuer. Gerade in den USA ist die Debatte ein ziemliches Minenfeld. Rein begrifflich ist der Weg von „Kreativität“ nicht weit bis zu „Kreationismus“.

Kauffman: Da stimme ich Ihnen zu. Es ist gefährlich. Aber das muss es uns wert sein.

SPIEGEL: Wieso? In Ihrem letzten Buch sprechen Sie sogar vom „Heiligen“ in der Natur**.

Kauffman: Kein Zweifel, das Heilige ist ein enorm sinnbeladener und zutiefst ethischer Begriff – und das völlig zu Recht. Wir haben vorhin gesehen, dass mit dem Leben autonom Handelnde ins Spiel kommen. In der

„Ich spreche von Kreativität des Universums, von Schöpfung ohne Schöpfer.“



Physik passieren die Dinge nur, biologische Systeme hingegen handeln. Selbst die primitivsten Lebensformen können entscheiden: Das ist Futter, das ist Gift. Das heißt, sie unterscheiden Gut und Böse. Deshalb ist die natürliche Sprache dafür eine ethische.

SPIEGEL: Muss nicht, wer „heilig“ sagt, notwendig auch „Gott“ sagen?

Kauffman: Warum nicht? Ich jedenfalls spreche von einem Gott im Sinne eines natürlichen Werdens des Universums, eines kreativen Werdens jenseits der Natur-

gesetze. Wir im Westen sind sehr säkular geworden. Nichts ist uns mehr heilig.

SPIEGEL: Aber das ist doch vielleicht auch ganz gut so ...

Kauffman: Wir stehen vor einer einzigartigen Herausforderung. Die Welt wächst zusammen zu einer globalen Zivilisation. Wenn wir die Weltkulturen jedoch verschmelzen wollen, dann brauchen wir etwas jenseits unserer säkularen Interessen, das wir alle teilen können. Dafür brauchen wir den Begriff des Heiligen. Der Mensch hat immer etwas gebraucht, was jenseits des ihm Begreiflichen stand.

SPIEGEL: Sie wollen also die alten Götter abschaffen und an ihre Stelle die Kreativität des Universums als neuen Gott stellen?

Kauffman: Solche Formen des Götter-Austauschs praktizieren die Menschen doch seit eh und je. Die Indianer hier in der Wüste gruben Löcher in den Boden, die ihnen heilig waren. Und was taten die Spanier? Sie bauten Kirchen an die Stelle dieser Löcher und behaupteten, der Staub daraus sei von Jesus Christus gesegnet. Wir stehen immer die Symbole der anderen, zum einen, weil wir damit unseren neuen Glauben durchsetzen wollen, zugleich aber auch, weil wir damit den alten würdigen. Das heiligste aller Wörter ist Gott. Nichts ruft so viel wach wie dieses komplexe Wort. Deshalb sollten wir den Mut haben, es zu benutzen.

SPIEGEL: Aber bedeutet die Berufung auf einen Gott nicht zugleich einen Verrat an der Wissenschaft?

Kauffman: Eben nicht. In der Welt Newtons muss Gott intervenieren, er muss Gesetze brechen, um eingreifen zu können. Und das erscheint uns töricht. Wenn es aber Facetten der Welt gibt, die sich der Beschreibung durch Naturgesetze entziehen, wenn der Ausgang vieler Vorgänge offen ist, dann bleibt Raum für mysteriöse Kräfte. Uns steht frei, sie Gott zu nennen.

SPIEGEL: Und dieser Gott ist mithin eine zwangsläufige Folge des Urknalls?

Kauffman: So ist es.

SPIEGEL: Professor Kauffman, wir danken Ihnen für dieses Gespräch.



Kauffman beim SPIEGEL-Gespräch*
„Das heiligste aller Wörter ist Gott“

* Mit den Redakteuren Philip Bethge und Johann Grolle in seinem Garten in Santa Fe.

** Stuart Kauffman: „Reinventing the Sacred. A New View of Science, Reason and Religion. Finding God in Complexity“. Basic-Books, New York; 320 Seiten; 19,99 Euro.