

Ein Zirkelschluss bis ins Unendliche

geschrieben von Chris Frey | 17. September 2026

Mike Jonas

Ich habe mich etwas eingehender mit der Chaostheorie (auch bekannt als „Schmetterlingseffekt“) beschäftigt und der Frage, ob sie in der realen Welt Anwendung finden kann. Es scheint, dass fast jedes Mal, wenn jemand versucht, die Chaostheorie zu veranschaulichen, dies anhand eines Modells geschieht. Das Problem ist nur, dass sich ihre Erkenntnisse dann immer als aus dem Modell selbst stammend herausstellen. Ähnlich wie bei den Schildkröten, die unseren Planeten stützen, hat man manchmal das Gefühl, dass die Welt der Klimamodellierung bis in die tiefsten Ebenen von zirkulärer Logik getragen wird.

Die strengste Form der Chaostheorie lässt sich nicht auf die reale Welt anwenden, weil sie sich auf Abweichungen in den Anfangsbedingungen bezieht, während die reale Welt nur einen einzigen Verlauf hat. Mit anderen Worten: Zu jedem Zeitpunkt gibt es nur eine einzige Version des Erdklimas, sodass es keine Abweichungen in den Anfangsbedingungen geben kann. Leider hat sich die Theorie zu etwas gewandelt, von dem viele in der Klimawissenschaft glauben, dass es auf das Klima der Erde zutrifft, und wenn sie Klimamodelle laufen lassen, erhalten sie eine Bestätigung. Nun ja, sie glauben zumindest, dass es wie eine Bestätigung aussieht.

Zunächst: womit haben wir es hier zu tun? Die Chaostheorie besagt, dass das Wetter und das Klima der Erde sehr empfindlich auf lokale Bedingungen reagieren: Eine winzige Abweichung wächst exponentiell zu einem großen Unterschied heran. Wir wissen, dass Wetter und Klima auf vielen physikalischen und zeitlichen Skalen natürliche Schwankungen aufweisen – sowohl in der Atmosphäre als auch im Ozean gibt es Turbulenzen. Wir wissen, dass Turbulenzen sehr schwer vorherzusagen sind, und wir wissen, dass Differentialgleichungen wie die Navier-Stokes-Gleichungen hilfreich sein können, um sie zu verstehen. **Wir wissen jedoch nicht, dass sich eine winzige Abweichung exponentiell vergrößert.** Ich vermute, dass das von der Chaostheorie beschriebene exponentielle Wachstum ein Artefakt der Modelle ist, kein natürliches Phänomen, und dass es mit natürlichen Schwankungen verwechselt wird. Außerdem glaube ich, dass wir, wenn wir die Chaostheorie über Bord werfen würden, am Ende vielleicht ein besseres Verständnis unserer Welt erlangen könnten.

[Hervorhebung im Original]

Also habe ich eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt – natürlich mit Grok, da es unter anderem eine leistungsstarke Suchmaschine ist. Unter all den Versuchen, die Chaostheorie anhand von Modellen zu veranschaulichen, gab es einige, die dies anhand

atmosphärischer Analogien versuchten: Sie suchten in historischen Aufzeichnungen nach Paaren sehr ähnlicher Situationen, um zu sehen, ob diese dann gemäß der Chaostheorie rasch auseinanderlaufen. Das Konzept besteht darin, dass der Unterschied zwischen den beiden Situationen ein Ersatz für die in der Chaostheorie beschriebenen Schwankungen der Anfangsbedingungen ist. Es überrascht nicht, dass sie Abweichungen feststellten (sonst wäre die Wettervorhersage einfach), aber ebenso wenig überraschend war, dass die Situationen nie nah genug beieinander lagen, um einen ordnungsgemäßen Test darzustellen – die Chaostheorie basiert auf infinitesimalen Unterschieden.

Und dann wartete Grok mit einer echten Sensation auf. Einige seiner KI-Konkurrenten haben sich mit Klimamodellierung beschäftigt, und als einige ihrer Modellläufe die von der Chaostheorie erwartete rasche Divergenz zeigten, führten ihre Betreuer einen sehr interessanten Test durch: Sie wiederholten genau die gleichen Modellläufe auf einem präziseren Computer. Die Divergenz wurde beseitigt oder stark reduziert. Die Abweichung wird, wie sie es formulierten, „durch numerisches Rauschen verursacht, das eher ein Artefakt der Berechnung als ein realer atmosphärischer Prozess ist“. Wenn Chaos durch die Verwendung eines weniger präzisen Computers erzeugt werden kann, stellen Sie sich vor, wie viel Chaos durch die groben Iterationen eines GCM entstehen kann. (GCMs sind allgemeine Zirkulationsmodelle, die seit vielen Jahren die gängigen Klimamodelle darstellen.)

Ich hatte bereits den größten Teil eines Artikels über die anderen Tests geschrieben und musste dies natürlich noch hinzufügen. Ich konnte nicht behaupten, dass jegliches Chaos in Modellen numerisches Rauschen sei, auch wenn dies der Fall sein könnte (und wahrscheinlich auch ist?). Obwohl ich vermutete, dass die iterativen Fehler der GCMs um Größenordnungen größer sein würden, konnte ich darauf ohne großen Aufwand nicht im Detail eingehen. Also habe ich diesen Aspekt hauptsächlich in den Abschnitt „Diskussion“ aufgenommen, da er dort nicht so ausführlich begründet und mit Quellen belegt werden musste wie im Abschnitt „Analyse“ und ich vielleicht eines Tages dazu kommen würde, diese detaillierte Arbeit zu leisten. Der [Artikel](#) trägt den Titel [übersetzt] „Chaostheorie gilt für das reale Klima nicht“ und ist nun veröffentlicht; hier ist die Zusammenfassung:

Die Ergebnisse von Wetter- und Klimamodellen sowie Studien zur Chaostheorie werden auf Hinweise darauf untersucht, dass die Chaostheorie nicht nur in Modellen, sondern auch in der realen Welt gilt. Es wurden keine derartigen Hinweise gefunden, und in einigen Fällen hat sich herausgestellt, dass das von der Chaostheorie erwartete rasche Anwachsen der Modelldivergenz lediglich ein Artefakt der Modelle ist. Ergebnisse aus Modellen, die mit mathematischen Formeln programmiert wurden, welche eine rasche Zunahme der Divergenz zeigen, können nicht zur Beurteilung der Anwendbarkeit der Chaostheorie auf die reale Welt herangezogen werden, weil dies zwangsläufig einen Zirkelschluss beinhalten würde: Die Modellergebnisse zeigen lediglich

eine emergente Eigenschaft der in den Modellen verwendeten Formeln. Tests mit atmosphärischen Analogmodellen konnten die Anwendbarkeit der Chaostheorie auf die reale Welt nicht beurteilen, da sie die infinitesimalen Störungen nicht nachbilden konnten, die den Kern der Chaostheorie bilden. Einige KI-Modelle haben gezeigt, dass ihr rascher Anstieg der Divergenz, wie er von der Chaostheorie erwartet wird, ausschließlich oder hauptsächlich durch numerisches Rauschen verursacht wird und daher eher ein Artefakt der Berechnung als ein realer atmosphärischer Prozess ist. Allgemeine Zirkulationsmodelle verwenden Prozesse mit Ungenauigkeiten, die dem numerischen Rauschen ähneln und einen vergleichbaren Effekt haben könnten. Andere KI-Modelle zeigen kein rasches Anwachsen der Divergenz. Die Modellergebnisse gelten nur für die Modelle selbst und können daher nicht zur Beurteilung der Relevanz der Chaostheorie für die reale Welt herangezogen werden. In der realen Welt bleibt die Chaostheorie unwirksam (wissenschaftlich nicht anwendbar).

Selbst wenn sich herausstellen sollte, dass jede Modellberechnung in der Geschichte die Ursache ihres eigenen Chaos' war, würde dies noch lange nicht beweisen, dass die Chaostheorie in der realen Welt keine Gültigkeit hat. Selbst wenn die Chaostheorie in der realen Welt gilt, scheint es aus dem oben genannten Grund unmöglich, dies nachzuweisen – daher auch der Ausdruck „bleibt ungültig“ im Titel. Ich vermute, dass Folgendes passieren wird (ich würde mich gerne irren): Die Chaostheorie wird so abgeändert, dass sie tatsächlich im realen Klima nachgewiesen werden kann, und dann wird so getan, als sei sie schon immer richtig gewesen.

Ich würde mir wirklich eine Änderung in der Denkweise der Klimawissenschaft wünschen, daher habe ich einen Absatz hinzugefügt, in dem ich darlege, dass zumindest ein Teil der Wetter- und Klimaschwankungen, die als Chaos angesehen werden, letztendlich durch bessere Beobachtungen und ein besseres Verständnis aufklärbar sein könnte – genau wie es in anderen komplexen Bereichen der Fall ist. In anderen Bereichen der Wissenschaft ist die übliche Haltung gegenüber Unbekanntem, dass die relevanten Faktoren noch nicht verstanden sind, und nicht, dass es sich um deterministisches Chaos handelt. Es erscheint sinnvoll, im Bereich von Wetter und Klima einen ähnlichen Ansatz zu verfolgen.

Außerdem würde ich mir wünschen, dass GCMs nicht mehr für die Klimamodellierung verwendet werden. Was für eine enorme Verschwendung von Zeit und Geld sie doch gewesen sind.

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2026/09/13/circular-logic-all-the-way-down/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE