

Die Mathematik des Chaos': warum Wetter und Klima unvorhersagbar sind

geschrieben von Chris Frey | 12. Februar 2023

David Wojick

Dass das Wetter oft unvorhersagbar ist, ist allgemein bekannt. Überraschend ist die Tatsache, dass es immer so sein wird, vor allem auf lange Sicht, d. h. eine Saison oder ein Jahr im Voraus. Und da das Klima nur ein Durchschnittswetter ist, wird es auch immer unvorhersagbar sein. Doch dazu später mehr.

Bevor wir uns ansehen, warum das Wetter auf lange Sicht vollkommen unvorhersagbar ist, sollten wir anerkennen, dass es viele Leute gibt, die Wetter- und Klimavorhersagen auf lange Sicht verkaufen. Sie stimmen oft nicht miteinander überein, was ein starker Hinweis darauf ist, dass es nicht möglich ist. Bei vielen verschiedenen Vorhersagen kann es sein, dass jemand Recht hat, aber das ist wie ein Lottogewinn, reines Glück. Aber mit Unvorhersagbarkeit ist kein Geld zu verdienen, und so kommen die bezahlten Prognosen immer wieder. Verlassen Sie sich nicht auf sie, denn sich auf eine schlechte Vorhersage zu verlassen, ist oft schlimmer als sich auf keine zu verlassen.

Nun zur perfekten Unvorhersagbarkeit. Das ist eine Frage der Mathematik. Nicht, dass wir irgendwelche Berechnungen anstellen würden, aber ich werde beschreiben, was das bedeutet und warum, und zwar auf sehr untechnische Weise. In der Tat hat die betreffende Mathematik einen nichttechnischen Namen, nämlich „Chaos“. Die technische Bezeichnung lautet „nichtlineare Dynamik“, aber darauf werden wir nicht eingehen.

Viele Dinge in der Welt entsprechen der Mathematik des Chaos' und werden als chaotisch bezeichnet. Ein reißender Bergbach ist ein gutes Beispiel. Wirft man etwas Kleines in einen solchen Strom, kann es weit laufen, bevor es aufhört, oder sich kaum bewegen, oder etwas dazwischen. Wo es landet, ist unvorhersagbar. Und so ist es auch mit dem Wetter. Wir leben auf dem Grund eines Ozeans aus Luft, und diese Luft ist normalerweise in Bewegung. Warme Luft versucht aufzusteigen und kühlt ab, wobei sie oft Wolken und Regen oder Schnee erzeugt. Die kühle Luft versucht dann zu fallen, was oft zu einem klaren Himmel führt.

Hier auf der Erdoberfläche erleben wir Hoch- und Tiefdruckgebiete. In Hochdruckgebieten herrscht Absinken von Luft, in Tiefdruckgebieten Aufstrigern derselben. Dazwischen gibt es Wind, da die Luft auch gezwungen ist, horizontal von hohem zu niedrigem Druck zu fließen. Das Ergebnis ist viel Bewegung, die noch viel komplexer wird, weil sich alles auf einem sich drehenden Globus abspielt, der von einer einzigen Sonne erwärmt wird.

Eine Wettervorhersage bedeutet, dass man korrekt sagen kann, wie all diese komplexen Vorgänge in einem bestimmten Zeitraum aussehen werden, irgendwann in der Zukunft. Wird der nächste Winter kalt oder mild sein und wie schneereich? Wird der nächste Sommer heiß sein oder nicht, nass oder trocken? Wie sieht es mit dem nächsten Jahr aus, oder nur mit dem nächsten Monat? Diese Komplexität macht Vorhersagen schwierig, aber nicht unmöglich. Immerhin haben wir riesige Computer, die das Wetter modellieren, und Satelliten, die rund um die Uhr und rund um die Welt Daten sammeln.

Was die Vorhersage unmöglich macht, ist die Mathematik. Nicht, dass die Mathematik schwierig oder komplex wäre, also ist es nicht die Durchführung der Mathematik, die eine langfristige Vorhersage unmöglich macht. Vielmehr ist es das, was die Mathematik uns sagt. Lassen Sie mich das erklären. Stellen Sie sich zunächst vor, wir würden eine Computer-Wettervorhersage machen. Zuerst geben wir eine Menge Daten ein, die beschreiben, wie und wo das Wetter jetzt ist. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Daten wie Temperaturen, Luftdruck, Wind und Niederschlag. Diese Daten werden als „Ausgangsbedingungen“ bezeichnet.

Der Computer arbeitet dann mit diesen Ausgangsbedingungen, um eine Prognose für den nächsten Tag zu erstellen. Dann wiederholt er den Prozess, wobei er diesen Tag als Ausgangsbedingungen nimmt, um eine Prognose für den nächsten Tag zu erstellen. Dieser schrittweise Prozess wird wiederholt und geht so weit in die Zukunft, wie es für die gewünschte Vorhersage erforderlich ist. In manchen Fällen ist das Schritintervall länger als ein Tag, vor allem, wenn es sich um eine langfristige Klimavorhersage handelt, die Hunderte von Jahren in die Zukunft reichen kann. Lassen Sie uns der Einfachheit halber von sechsmonatigen Vorhersagen sprechen. Nehmen wir an, wir führen mehrere Durchläufe durch, z. B. mit unterschiedlichen Ausgangsbedingungen oder auf verschiedenen Computern, und erhalten so unterschiedliche Vorhersagen. Das kommt häufig vor, insbesondere wenn die Ausgangsbedingungen sehr unterschiedlich sind.

Jetzt kommen wir endlich zum Chaos. Die Mathematik sagt, dass unter bestimmten Umständen etwas sehr Seltsames passiert. Man nennt das „extreme Empfindlichkeit gegenüber den Ausgangsbedingungen“. Das bedeutet, dass die kleinste Änderung der Ausgangsbedingungen die Vorhersage dramatisch verändert. Diese Seltsamkeit gilt für Wettervorhersagen. So kann sich eine Wintervorhersage von kalt zu mild ändern, oder umgekehrt. Dasselbe gilt für nass oder trocken, windig oder nicht so windig und so weiter für alle Prädiktoren. Außerdem zeigen sich diese großen Unterschiede schnell, in vielen Fällen innerhalb von nur ein oder zwei Wochen, und verändern die gesamte Vorhersage.

Das Schlimme daran ist, dass diese Unterschiede in den Ausgangsbedingungen, die zu sehr unterschiedlichen Vorhersagen führen, so gering sind, dass sie nicht erkannt werden können. In der Mathematik nennt man sie „infinitesimal“, was so viel wie unendlich klein bedeutet.

In der Tat sind sie so gering, dass wir nicht erkennen können, wie die tatsächlichen Ausgangsbedingungen aussehen. Nehmen wir also an, wir gehen von einer Temperatur von 13,2 Grad aus, der tatsächliche Wert ist aber 13,2000002. Dieser winzige Unterschied in den Anfangsbedingungen reicht aus, um unsere Vorhersage schnell zu verfälschen. Tatsächlich reicht ein Fehler von einem Millionstel Grad aus, um auf immer längere Sicht eine immer „falschere“ Vorhersage zu erhalten.

Kurz gesagt, die einzige Möglichkeit, eine genaue Vorhersage zu treffen, besteht darin, Dinge zu wissen, die wir unmöglich wissen können, weil sie zu klein sind, um sie zu messen. Somit macht das Chaos selbst eine annähernd genaue Vorhersage unmöglich. Der Fachausdruck dafür lautet „intrinsisch unvorhersagbar“. Jenseits von ein oder zwei Wochen ist das Wetter einfach von Natur aus unvorhersagbar. Theoretisch ist das Wetter zwar immer noch vorhersehbar, aber dazu müsste man die genauen Ausgangsbedingungen kennen, und das ist in der Praxis unmöglich.

Da das Klima als durchschnittliches Wetter definiert ist, ist auch dieses von Natur aus unvorhersagbar. All die düsteren Klimavorhersagen, von denen wir hören, werden von Computern erstellt, die das Chaos entweder ignorieren oder unrealistisch klein halten. Wir sollten diesen Prognosen keinen Glauben schenken. Die Zukunft könnte gut sein.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die dem Chaos innewohnende Unvorhersagbarkeit genaue Wetter- und Klimavorhersagen auf lange Sicht unmöglich macht. Handeln Sie nicht nach diesen Prognosen.

Nachdruck mit Zusatzmaterial aus der Zeitschrift RANGE, Ausgabe Frühjahr 2023. Für weitere Informationen siehe <http://www.rangemagazine.com>.

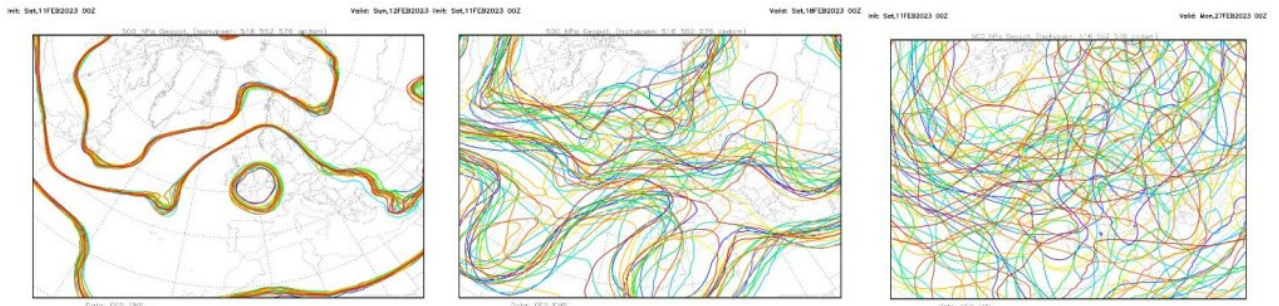
Autor: *[David Wojick](#), Ph.D. is an independent analyst working at the intersection of science, technology and policy. For origins see http://www.stemed.info/engineer_tackles_confusion.html For over 100 prior articles for CFACT see <http://www.cfact.org/author/david-wojick-ph-d/> Available for confidential research and consulting.*

Link:

<https://www.cfact.org/2023/02/10/the-math-of-chaos-why-weather-and-climate-are-unpredictable/>

Übersetzt von [Christian Freuer](#) für das EIKE

Hier noch einmal die Collage oben, die leider nicht vollständig dargestellt wurde:



Numerische WETTERvorhersage vom 11. Februar 2023 für 1 Tag (links), 1 Woche (Mitte) und 2½ Wochen. JEDE LÖSUNG IST GLEICH WAHRSCHEINLICH! Quelle: Wetterzentrale.de; Collage: der Übersetzer

Hier beschreibt der Meteorologe und EIKE Mitglied Klaus Puls den Sachverhalt aus seiner Sicht.

Puls.PAZ