idw - Informationsdienst Wissenschaft
Nachrichten, Termine, Experten

Pressemitteilung

Justus-Liebig-Universität Gießen
Ulrich Thimm

20.07.1998
http://idw-online.de/de/news5797

Forschungsprojekte, Wissenschaftliche Publikationen
Geowissenschaften, Mathematik, Physik / Astronomie
überregional

Und nun die Wettervorhersage für die nächsten zwei Monate

Das Wetter ist weniger chaotisch als gedacht

Die Wettervorhersage im Fernsehen beschränkt sich auf wenige Tage, weil die Prognosen für einen längeren Zeitraum zu unsicher sind. Prinzipiell begründet wurde das bisher mit der sogenannten "Chaostheorie", doch hat Prof. Dr. Armin Bunde vom Institut für Theoretische Physik der Universität Gießen ausgerechnet diese Theorie verwendet, um eine bisher unbekannte Gesetzmäßigkeit im Wettergeschehen aufzuspüren. Er hat mit seinen Mitarbeitern die Temperaturdaten von 14 Wetterstationen ausgewertet, die rund um die Welt verteilt sind, wobei die längste Zeitreihe 218 Jahre umfaßt. Dabei finden die Forscher eine Regelmäßigkeit im Temperaturverlauf, die sich weder mit den Jahreszeiten, noch mit dem Treibhauseffekt oder ähnlichen Effekten begründen läßt. Diese Gesetzmäßigkeit erlaubt Tendenzaussagen über das Wetter für einen Zeitraum, der zumindest länger als ein Jahrzehnt dauert. Solche Vorhersagen könnten für die Landwirtschaft, die Lebensmittelindustrie oder die Planer von Großereignissen interessant sein. Auch erlaubt die gefundene Gesetzmäßigkeit zum ersten Mal, die Computermodelle zur Klimaentwicklung zu testen, von denen gewichtige politische Entscheidungen etwa zur Reduktion von Kohlendioxid abhängen. In der Fachzeitschrift Physical Review Letters werden die Ergebnisse heute veröffentlicht.

Wäre das Wetter chaotisch, dann müßten jeden Tag die Wetterkarten neu gemischt werden. Die Wirklichkeit sieht anders aus: Wenn ein Tag sonnig und warm ist, dann ist der folgende Tag mit hoher Wahrscheinlichkeit ebenfalls sonnig und warm. Morgen wird das Wetter wie heute - jede Prognose muß sich an dieser sogenannten "trivialen Wettervorhersage" messen lassen, und es ist noch nicht lange her, daß die professionellen Meteorologen bessere Ergeb-nisse als die triviale Wettervorhersage liefern. Die eigentliche Kunst liegt darin vorherzusagen, wann sich die Großwetterlagen ablösen, die in unseren Breiten etwa alle zehn Tage wechseln. Spätestens mit diesem Wechsel der Großwetterlage galten bisher die Karten als neu gemischt und das Wetter hinter diesem Vorhersagehorizont als prinzipiell unvorhersagbar. Prof. Bunde und seine Ko-Autoren haben dagegen herausgefunden, daß die Neigung des Wetters, einen einmal eingenommenen Zustand beizubehalten, sich auch auf längere Zeiträume auswirkt. Wer das Wetter von heute kennt, kann deswegen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit etwas über das Wetter in einem oder auch zehn Jahren sagen.

Die Physiker und Klimatologen um Prof. Bunde haben Zeitreihen der täglichen Maximaltemperatur aus 14 Wetterstationen ausgewertet, die von Moskau bis Sydney reichten. Die längste Zeitreihe kam dabei aus Prag mit einer Dauer von 218 Jahren, die kürzeste umfaßte immer noch 55 Jahre. In den Temperaturdaten bildet sich zunächst der Wechsel der Jahreszeiten ab, so daß der jahreszeitliche Einfluß herausgerechnet werden mußte. Danach blieb immer noch eine leichte Tendenz zur Erwärmung sichtbar, wobei es sich nicht unbedingt um den vielzitierten "Treibhauseffekt" handeln muß. Um die meisten Wetterstationen herum sind im Laufe der letzen ein- bis zweihundert Jahre große Städte gewachsen, die generell wärmer sind als das Umland. Auch diese Tendenz zur Erwärmung wurde herausgerechnet. Nach dem konventionellen Lehrbuchwissen hätte jetzt die Temperaturverteilung vom Zufall regiert werden müssen. Dem war aber nicht so. So verblüffend einfach ist das Ergebnis, daß viele Fachleute zunächst nicht glauben mochten, daß dieser simple Zusammenhang noch nie geprüft worden war. Dabei hat die Gruppe ihre eigenen Daten selbst rigoros getestet. So wurde zum Beispiel die Zeitreihe einer Wetterstation in Abschnitte von 100 Tagen Länge zerhackt, zufällig

vermischt, neu verbunden und analysiert. Die gefundene Gesetzmäßigkeit brach daraufhin nach 100 Tagen ab.

Neues Beispiel für ein Potenzgesetz

In der Fachsprache der Chaostheorie handelt es sich bei der Gesetzmäßigkeit um ein sogenanntes "Potenzgesetz". Ein erstes Beispiel dafür wurde Anfang der dreißiger Jahre von George Kingsley Zipf entdeckt, der an der Harvard-Universität Deutsch unterrichtete. Er fertigte Listen mit der Häufigkeit von Wörtern in einer Sprache an und fand heraus, daß es einen Zusammenhang zwischen der Häufigkeit eines Wortes und seinem Rang auf der Liste gab. Das zweithäufigste Wort schien halb so häufig sein wie das häufigste Wort, das dritt-häufigste Wort ein Drittel so häufig und so weiter. Zipf glaubte damals ein Gesetz gefunden zu haben, das die Geistes- von den Naturwissenschaften unterscheidet, doch ironischerweise kennt man heute die meisten Potenzgesetze aus der Natur. So folgt die Stärke von Erdbeben oder die Größe von Kratern auf dem Mond einem Potenzgesetz, aber auch die Einkommensverteilung im oberen Einkommensbereich (der zweitreichste Mensch ist etwa halb so reich wie der reichste Mensch usw.), die Exportstärke von Staaten oder die Größe von Städten folgen einem Potenzgesetz. Bei dem ersten Gesetz, das Zipf gefunden hatte, hat der im Nenner stehende Rangplatz den Exponenten 1, doch kann hier jede beliebige Potenz stehen, weswegen diese Gesetze später in ihrer allgemeinen Form Potenzgesetze genannt wurden. Das jetzt gefundene Potenzgesetz hat den Exponenten 0,7, was übrigens für alle untersuchten Wetterstationen gilt. Da sie über verschiedene Klimazonen verteilt sind, scheint es tatsächlich einen fundamentalen Mechanismus des Wettergeschehens wiederzugeben. Auch hält der Zusammen-hang unabhängig davon, ob man Zeiträume von Wochen oder Jahrzehnten betrachtet. Das legt nahe, daß an diesem fundamentalen Mechanismus die Kopplung zwischen Atmosphäre und Ozeanen beteiligt sein muß, denn die Ozeane bestimmen langfristig die Dynamik des Wetters. Zum ersten Mal bietet sich hier die Möglichkeit, die Computermodelle zur Klimaentwicklung zu testen, die in der Debatte um den "Treibhauseffekt" eine so große Rolle spielen, obwohl sie teilweise widersprüchliche Ergebnisse liefern. Bisher konnte man nur überprüfen, ob sie die Wetterentwicklung in der Vergangenheit zuverlässig reproduzieren. Jetzt kann man testen, ob die errechneten Prognosen auch mit dem gefundenen Potenzgesetz vereinbar sind.

Das Ende des "Schmetterlingseffekts"?

Eine der Wurzeln der Chaostheorie liegt in der Meteorologie. 1960 wollte der Meteorologe Edward Lorenz am Massachusetts Institute of Technology die Details einer Wettervorhersage nachprüfen. Damit der Computer schneller rechnen konnte, rundete er die Ziffern von sechs auf drei Dezimalstellen ab - eine geringfügige Änderung, wie ihm schien. Als Edward Lorenz an den Bildschirm zurückkehrte, traf ihn ein Schock: Das neue Ergebnis lag nicht etwa in der Nähe des alten, sondern war vollkommen verschieden. Später erzählte er der Zeitschrift Discover: "In diesem Augenblick wußte ich: Wenn eine wirkliche Atmosphäre sich so benimmt, so muß jede langfristige Wettervorhersage unmöglich sein." Winzig kleine Änderungen können sich so aufschaukeln, daß sie das gesamte Wetter beherrschen. Der Zusammenhang ist als "Schmetterlingseffekt" bekannt geworden: Ein Schmetterling schlägt - etwa in einem Vorgarten in New York - mit den Flügeln und einige Tage später geht deswegen über Hamburg ein Gewitter nieder. Gilt der "Schmetterlingseffekt" nun nicht mehr? Ja und nein, denn Chaostheorie hat nicht nur mit Chaos, sondern genauso viel mit Ordnung und vor allem mit dem Übergang zwischen beidem zu tun. Gelegentlich können selbst die Schläge eines Schmetterlingflügels das Wetter verändern, und deswegen wird sich das Wetter nie für beliebig lange Zeiträume exakt ausrechnen lassen. Aber die Regel ist das nicht, denn das Wetter von heute entsteht aus dem Wetter von gestern und hat deswegen eine gewisse Erhaltungsneigung eingebaut. Dieses Beharrungsvermögen erfaßt das Potenzgesetz von Prof. Bunde.

Kontaktadresse (nicht zur Veröffentlichung bestimmt):

Prof. Dr. Armin Bunde
Institut für Theoretische Physik
Heinrich-Buff-Ring 16
35392 Gießen

Telefon (0641) 99-33360
Fax (0641) 99-33369
e-mail: bunde@theo.physik.uni-giessen.de

Quelle: Eva Koscielny-Bunde, Armin Bunde, Shlomo Havlin, H. Eduardo Roman, Yair Goldreich, and Hans-Joachim Schellnhuber: Indication of a universal persistence law governing atmospheric variability, Physical Review Letters, Volume 81, Issue 3, 20 July 1998, S. 729f.

URL zur Pressemitteilung: http://publish.aps.org/PRTOC/prl/81/toc81L3.html