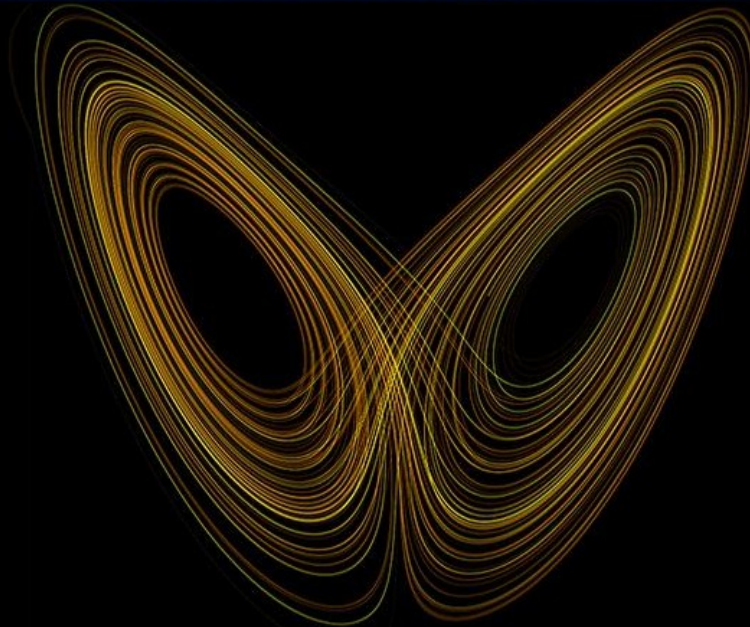




wetter.tagesschau.de

Der Lorenz-Attraktor



Quelle: Wikipedia

25.07.2014

Der Schmetterlingseffekt

Was hat der Flügelschlag eines Schmetterlings in Brasilien mit der Entstehung eines Tornados in Texas zu tun?

Die Ferienzeit hat begonnen und jeder möchte am Urlaubsort schönes Wetter genießen. Doch ob man die Regenkleidung oder den warmen Pulli zu Hause lassen kann lässt sich anhand der Wettervorhersage nicht entscheiden, denn die reicht nur wenige Tage in die Zukunft. Das dürfte sich aber im Zuge des technischen Fortschritts aber bestimmt bald ändern, so dass verlässliche Prognosen über zwei, drei Wochen in absehbarer Zukunft zur Normalität gehören - oder etwa doch nicht?

Als Dr. Edward N. Lorenz, Jahrgang 1917, im Winter 1961 am renommierten Massachusetts Institute of Technology in Cambridge bei Boston Studien zur langfristigen Wettervorhersage betrieb, stieß er eher zufällig auf Eigenschaften seines vereinfachten Wettermodells, die den Grundstein für ein ganz neues Teilgebiet der Physik legen sollten: die Chaosforschung.

Sein sogenanntes Konvektionsmodell simulierte am Computer eine dünne flüssige Schicht, quasi die Atmosphäre, die eingeschlossen zwischen zwei Platten von unten beheizt werden konnte. Damit lassen sich Vorgänge studieren, die unter anderem auch für die kräftigen nachmittäglichen Gewitter verantwortlich sind, welche dieser Tage das Wettergeschehen hierzulande würzen. Die notwendige Mathematik besteht aus drei sogenannten gekoppelten Differentialgleichungen, welche die zeitliche Entwicklung des Systems beschreiben. Deren Form ist eigentlich recht überschaubar und für jeden Anfangszustand lassen sich Lösungen für beliebig weit in der Zukunft liegende Zeitpunkte eindeutig bestimmen.

Doch als Lorenz, um damals noch teure Rechenzeit zu sparen, Zwischenergebnisse heranzog um identische Berechnungen erneut, jedoch für längere Zeitspannen durchzuführen, wich das neue Ergebnis überraschender Weise stark vom vorherigen ab. Die verwendeten Startwerte lagen als Ausdruck mit einer Genauigkeit von nur drei Nachkommastellen vor, das Computerprogramm rechnete jedoch mit sechs Nachkommastellen. Die neuen Startwerte wichen somit, wenn auch nur um 0,1 Promille von den ursprünglichen ab, was aber ausreichte eine stark abweichende Lösung zu erzeugen.

Lorenz erforschte daraufhin sein System ausgiebig und erkannte, dass diese Empfindlichkeit gegenüber den Anfangsbedingungen eine allgemeine Eigenschaft bestimmter nichtlinearer dynamischer Systeme darstellt. Er

postulierte, dass der Wettervorhersage prinzipielle Grenzen gesetzt sind, da man den Anfangszustand der Atmosphäre nicht beliebig genau und nicht an beliebig vielen Punkten messen kann. Zudem können sich kleine Ursachen zu großen Wirkungen aufschaukeln, was er mit einem Schmetterling verglich, dessen Flügelschlag in Brasilien einen Tornado in Texas auslösen könne - im übertragenen Sinne.

Abschätzungen haben ergeben, dass sich mit den Daten aus 1000 weltweit gleichmäßig verteilten Messstationen das Wetter für etwa vier Tage in die Zukunft prognostizieren lässt. Für 11 Tage bräuchte man aber bereits etwa 100 Millionen Stationen und wollte man das Wetter für einen Monat im Voraus berechnen, müsste man eine Station pro fünf Quadratmillimeter Erdoberfläche aufstellen.

Bei der Analyse chaotischer Systeme findet der sogenannte Phasenraum Anwendung, ein mathematischer Raum, in dem Zustände chaotischer Systeme als Punkte repräsentiert werden können. Diese Punkte wandern im Laufe der Zeit auf eigenen Pfaden, den sogenannten Trajektorien durch den Phasenraum und halten sich dabei jedoch in klar abgrenzbaren Regionen, den sogenannten Attraktoren auf. Kurioserweise und rein zufällig erinnert der Lorenz-Attraktor, der mittlerweile neben fraktalen Apfelmännchen zu einem Symbol der Chaosforschung geworden ist, an einen Schmetterling.

Freitag, 25. Juli 2014

Tim Staeger
ARD-Wetterredaktion