

# Warum die Zukunft des Klimas nicht berechenbar ist

geschrieben von Rupert Reiger | 31. Mai 2013

1) Aus:

“Und sie erwärmt sich doch – Was steckt hinter der Debatte um den Klimawandel?”

<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4419.pdf>

Die Kernaussage aus obigem Link:

Zum besseren Verständnis dieser Thematik gehen wir auf einen wesentlichen Unterschied zwischen Wettervorhersage und Klimamodellierung ein. Bei der modellgestützten Wettervorhersage wird von einem Anfangszustand mit Hilfe eines physikalischen Gleichungssystems schrittweise in die Zukunft gerechnet. Dabei müssen die meteorologischen Größen (wie beispielsweise Druck, Wind und Temperatur) zum Anfangszeitpunkt der Simulation sehr genau bestimmt werden. Denn bereits kleine Änderungen in diesem Anfangszustand der Atmosphäre können große Änderungen in der Vorhersage bewirken (Anmerkung: Das ist „deterministisches Chaos“).

...

Bei der Klimamodellierung ist die Herangehensweise anders: Das Ergebnis von Klimasimulationen hängt weniger vom Anfangszustand der Atmosphäre, sondern vielmehr von den Randbedingungen im Simulationszeitraum ab. Zu den Randbedingungen zählen die zeitliche Entwicklung der atmosphärischen Konzentrationen von Treibhausgasen, die zeitliche Änderung der Solarstrahlung, die zeitliche Änderung der Beschaffenheit der Erdoberfläche und weiteren Faktoren. Diese Einflussfaktoren sind für die Zukunft meist nicht genau bekannt, aber sie können im Rahmen von Szenarien vorgegeben werden. Fachleute nutzen derartige Szenarien und rechnen dann mit den Klimamodellen verschiedene Fälle durch.

Ende des Zitats.

Zu dem eine kurze Erläuterung:

Wie kann man nun Chaos unter anderem definieren?

Man gibt einen Anfangszustand, im einfachsten Fall eine Zahl, z.B. einen Temperaturwert, in eine Formel ein und berechnet aus diesem Anfangszustand den nächsten.

Diesen nächsten gibt man nun in dieselbe Formel ein und berechnet den übernächsten, das nennt sich Iteration und das Ergebnis nennen wir

Trajektorie. Und so iterieren wir weiter und generieren so eine Zahlenreihe, solange wir wollen. Meist macht man das mit einem gewissen Sinn unterlegt, wie die Berechnung von Temperaturreihen und obige Formel ist eben so gestrickt, dass sie das widerspiegelt.

Nun muss dabei nichts Schlimmes passieren, kann aber. Hier kommen die sensiblen Anfangsbedingungen ins Spiel, die Chaos kennzeichnen.

Ändert man obigen Startwert ein bisschen, sagen wir ein Millionstel ab, und iteriert ein zweites Mal, so laufen die Zahlen ein paar Iterationen ähnlich zum ersten Versuch, beginnen dann aber sehr schnell voneinander abzuweichen, bis die zwei Reihen nichts ähnliches mehr gemeinsam haben. Auf dem Rechner lassen sie beide Reihen wieder reproduzieren, sind also deterministisch, aber untereinander bleiben die zwei Zahlenreihen nach ein paar Iterationen nicht mehr vergleichbar. Übrigens, lässt man beide Zahlenreihen auf einem anderen Prozessor mit einer anderen internen Zahlenrepräsentation laufen, passt schon wieder nichts mehr.

Beim Wetter müssen wir nun diese eindimensionale Zahlenreihe auf drei Dimensionen erweitern, dargestellt durch ein dreidimensionales Gitter, das Raumelemente definiert. Und man schaut sich auf diesen nicht nur die Temperatur an sondern alles was beim Wetter eine Rolle spielt, wie Vektoren, die den Wind repräsentieren, usw., usw.

Doch der Einfachheit halber wieder zum eindimensionalen Fall: Kleinste Differenzen der Eingangswerte beginnen also plötzlich bei der Iteration auseinanderzulaufen und zwar tun sie das exponentiell, also maximal schnell. Genau diese „exponentielle Divergenz der Trajektorien“ definiert Chaos.

Für das Wetter heißt das, man kann es nur ein paar Tage vorausberechnen, dann ist Schluss und zwar total Schluss.

Übrigens, will man berechnete Werte und Messwerte anpassen, ist es oft gut möglich, die Parameter obiger Formel so zu fitten, dass Messwerte und berechnete Trajektorie passen ... zurück in die Vergangenheit. Um ab heute in die Zukunft zu rechnen hilft das, natürlich unter der Annahme, dass das Model perfekt ist, genau ... nix. Es hat sich nichts zu oben geändert.

Im Gegensatz zu einer weiteren Aussage aus obigem Link, Zitat: „Um die Wettervorhersage wesentlich präziser zu gestalten, bräuchten die Fachleute ein dichteres Beobachtungsnetz mit geringeren Abständen zwischen den Stationen“ hilft so eine Präzisierung der Eingangswerte auf Grund der exponentiellen Divergenz der Trajektorien nur minimal. Das heißt, macht man das Netz zehn Mal präziser, das heißt man hat 1000 mal mehr Raumelemente und auch 1000 mal mehr Messstationen und macht man auch die Messwerte zehn Mal präziser, so kann man in keinsten Weise zehn Mal weiter in die Zukunft rechnen sonder sagen wir mal anstelle von fünf Tagen fünf Tage und ein paar Stunden.

Nun kann man sich noch überlegen: Wie schnell exponentiell laufen Trajektorien auseinander, oder wie groß ist der Exponent der exponentiellen Divergenz? Das kann man heraus rechnen durch Mittelung über eine begrenzte und vernünftige Anzahl der Iterationen, das ist der Lyapunov Exponent. Ist der positiv, explodiert die Divergenz exponentiell und es gibt Chaos.

Aus „Und sie erwärmt sich doch“ entnehmen wir nun, dass Wetter auf kurzen Zeitskalen (paar Tage) chaotisch ist, beim Klima macht das aber nichts, weil sich Chaos auf der Skala von Jahrhunderten bis Jahrunderttausenden heraus mittelt, z.B. genauso wie man Mitteln kann oder Rauschen abschneiden kann, wie beim Rausch (oder noise) Knopf beim alten Analogradio. Darum kann man mit Randbedingungen arbeiten. Das ist nun nicht einsichtig.

Dazu:

2) Aus:

Weather, Chaos, and Climate Change

<http://www.drroyspencer.com/2009/03/weather-chaos-and-climate-change/>

Zitiert und übersetzt in Teilen aus obigem Link:

... es kann jedes auf kleinsten Raumskalen nicht durch Messung erfasste Wetter große Unterschiede in der Vorhersage des Wetters verursachen. Das ist das klassische Beispiel chaotischer, nicht-linearer Variabilität, die atmosphärischer Dynamik inhärent ist. ...

Mathematisch gesagt ist das die sensitive Abhängigkeit von Anfangsbedingungen (sensitive dependence on initial conditions).

Im Gegensatz dazu sei die Vorhersage einer globalen Erwärmung möglich, da sie auf kleinen Änderungen der Regeln beruht, nach denen die Atmosphäre sich verhält. Das zusätzliche Kohlendioxid, das wir in die Atmosphäre abgeben, ändert den Treibhauseffekt etwas, was wiederum den Mittelwert des Wetters oder das Klima mehr oder weniger ändert.

Mathematisch betrachtet ist das eine Änderung der Randbedingungen (change in boundary conditions).

...

Bei näherer Betrachtung musste ich erkennen, dass die zwei Arten der Variabilität – Wetter und Klima – überhaupt nicht so unterschiedlich sind. Der einzige wesentliche Unterschied zwischen beiden ist nur die Zeitskala.

So mag mancher argumentieren, dass die Variabilität der Klimas ein ebenfalls so gutes Beispiel für Chaos wie die Variabilität des Wetters ist. Mathematisch gesagt, die „sensitive Abhängigkeit von Anfangsbedingungen“ was wir mit Chaos assoziieren kann man genauso „sensitive Abhängigkeit von sich kontinuierlich ändernden Randbedingungen“ nennen. In der Tat unterscheidet die Natur nicht zwischen der Änderung von Anfangsbedingungen und Randbedingungen ... es ist alles Wandel.

... Z.B. wird eine chaotische Änderung von Niederschlagsmustern im Pazifik dessen Salzgehalt ändern. Dies wird im Laufe der Zeit dann wiederum die Zirkulation des Wassers in die Tiefsee ändern, was wiederum über hundert Jahre als eine Änderung des Oberflächenwassers auftauchen wird und wiederum das Wetter beeinflussen wird.

Sind das Änderungen von Anfangsbedingungen oder Randbedingungen?

...

Die Klimaleute nehmen an, so etwas (Chaos) gibt es nicht in der Variabilität des Klimas ... zumindest nicht auf Zeitskalen jenseits von zehn Jahren. In der Tat glauben sie, Chaos existiert nur beim Wetter, nicht beim Klima. Aber diese Sicht ist total willkürlich und es gibt

eine Fülle an Hinweisen, dass dieses einfach falsch ist. Chaos existiert auf allen Zeitskalen.

3) Aus:

The Chaos theoretic argument that undermines Climate Change modelling  
<http://wattsupwiththat.com/2011/06/13/the-chaos-theoretic-argument-that-undermines-climate-change-modelling/>

Zitiert und übersetzt in Teilen aus obigem Link:

Das Argument, welches Gläubige in den Klimawandel benutzen ist, dass wir das Chaos (des Wetters) wie Rauschen (noise) behandeln können, also rausmitteln können.

...

Es gibt hierzu viele Beispiele aus der Elektronik und anderen Bereichen. Es ist verständlich, dass Klimamodellierer hoffen, dass das auch für Chaos gilt. In der Tat, sie behaupten, dass das geht so.

...

Also, kann man Chaos herausmitteln? Wenn ja, dann müssten wir erwarten, dass Langzeitmessungen des Wetters kein Chaos zeigen.

...

Als ein Team italienischer Forscher mich fragte, meine Chaosanalyse-Software auf eine Zeitreihe von über 500 Jahre gemittelter Wintertemperaturen anzuwenden ergab sich die Möglichkeit, dieses zu testen.

...

(Das Ergebnis ist) um es umgangssprachlich auszudrücken, der gemessene Lyapunov Exponent war 2.28 Bits pro Jahr. Der Fehler einer Temperaturvorhersage vervierfacht sich jährlich. Was bedeutet das? Chaos mittelt sich nicht raus. Wetter ist auch auf der Skala von hunderten von Jahren chaotisch.

...

So, um zusammenzufassen, Klimaforscher haben Modelle auf der Basis ihres Verständnisses von Klima konstruiert, die man anpassen, kalibrieren kann; sie bestätigen ihre Modelle indem sie auf sehr lange Zeitskalen schauen, aber wir wissen, dass auch das Klima (nicht nur das Wetter) chaotisch ist. Sie wissen nicht, sind ihre Modelle zu einfach, zu komplex, oder genau richtig, denn auch wenn sie perfekt wären, wenn das Wetter auch auf diesen Zeitskalen chaotisch ist, können sie ihre Modelle nicht der echten Welt anpassen, denn der kleinste Fehler in den Anfangsbedingungen würde total andere Ergebnisse liefern.

Alles was sie sagen können ist: "Wir haben Modelle gebaut, welche wir bestens versucht haben an die reale Welt anzupassen (an die Vergangenheit mit den vielen Parametern gut anzufitten, die Vergangenheit gut zu reproduzieren), aber wir können nicht beweisen, dass sie richtig sind. Wir erkennen an, dass kleine Fehler in unseren Modellen wesentlich unterschiedliche Vorhersagen (im Unterschied zu oben jetzt in die Zukunft) machen und wir können nicht sagen ob wir Fehler haben oder nicht." In unseren Modellen scheinen die Verhältnisse, wie wir sie publiziert haben, richtig".

Es ist meine Ansicht, dass Regierungspolitiker nicht auf der Basis dieser Modelle handeln sollen. Es besteht die Wahrscheinlichkeit, dass

sie so viel Ähnlichkeit mit der echten Welt gemein haben wie The Sims, oder Half-life.

Eine abschließende Bemerkung, es gibt andere Wettervorhersagen, dass das Klima von der Variabilität der Sonnenstrahlung abhängt. (Das kann natürlich sein, aber) nichts bestätigt oder verneint diese Hypothese, denn Langzeitbeobachtungen der Sonnenflecken haben gezeigt, dass die Sonnenaktivität auch chaotisch ist.

4)

Zum prinzipiellen der Klimamodelle à la „Anpassen an die Vergangenheit ja, Prognose vorwärts nein“: Für diejenigen, die lesen können, Text hier:

<http://www.drroyspencer.com/2013/04/global-warming-slowdown-the-view-from-space/>

ansonsten Bild (s. oben rechts) hier:

<http://www.drroyspencer.com/wp-content/uploads/CMIP5-global-LT-vs-UAH-and-RSS.png>

*Dr. Rupert Reiger arbeitet da in einem Forschungszentrum der Luft- und Raumfahrtindustrie an Software und Algorithmen.*

Zuerst erschienen bei ACHGUT hier