

Climate-Press

Hintergründe aus der Klima- und Global Change-Forschung

Dieses Dokument finden Sie als Text-Datei auf dem Internet: <http://www.proclim.unibe.ch/Press/ClimatePress08D.html>

Wird das Klima extremer?

Riesige Lawinen im Februar, grosse Überschwemmungen im Mai und der verheerende Sturm "Lothar" im Dezember 1999: Drei Extremereignisse im gleichen Jahr in der Schweiz. Hat die Häufigkeit von Extremereignissen zugenommen und könnten solche Veränderungen eine Folge der globalen Klimaveränderung sein? Die Statistik hilft bei der Beantwortung dieser Fragen nur bedingt weiter: Mit den verfügbaren Daten sind Aussagen über eine Veränderung von 50- bis 100jährigen Ereignissen nicht möglich. Trends lassen sich jedoch für häufigere intensive Ereignisse (solche, die - bisher - einmal pro Monat auftreten) bestimmen. Diese zeigen eine deutliche Zunahme in diesem Jahrhundert.

Einblick in die Bedeutung der Klimaänderung auf Extremereignisse lässt sich zudem aus dem vorhandenen Wissen über die verschiedenen wetterwirksamen Prozesse gewinnen: Nach dem aktuellen Kenntnisstand wird erwartet, dass in einem wärmeren Klima die Wahrscheinlichkeit gewisser extremer Wetterereignisse zunimmt. Ein Einzelereignis ist jedoch immer die Folge eines kurzfristigen, gleichzeitigen Zusammentreffens mehrerer Faktoren.

Die Frage des Einflusses der Klimaänderung auf Extremereignisse ist in groben Zügen vergleichbar mit einem Spiel mit gezinkten Würfeln. Nehmen wir an, Sie spielen regelmässig mit Würfeln. Irgendwann haben Sie das Gefühl, dass plötzlich mehr Sechser gewürfelt werden als bisher. Ist das Zufall, oder hat jemand die Würfel "gezinkt"?

Um diese Frage zu beantworten, werden zwei Ansätze verfolgt: Eine statistischer sowie die genaue Untersuchung der Würfel. Statistisch könnte das z.B. folgendermassen aussehen: Die Wahrscheinlichkeit einer Summe von 18 bei 3 Würfeln (3 Sechser gle-

ichzeitig) ist knapp 0.5% ($\frac{1}{6} \times \frac{1}{6} \times \frac{1}{6}$). Bei z.B. 260 Würfeln in einem Spiel kommt dies im Durchschnitt etwa 1.2 mal vor. Das Auftreten von null bis zwei solchen Ereignissen im gleichen Spiel wäre also "normal". Die Wahrscheinlichkeit, dass es mehr als 2 mal vorkommt liegt bei 12%. Auch das wäre also noch kein sehr seltenes Ereignis, kann bei den Spielern aber trotzdem schon den Eindruck einer Häufung erwecken. Es ist einleuchtend, dass allein aufgrund einer einmaligen Häufung statistisch nichts über eine Veränderung gesagt werden kann, dafür bräuchte es sehr viele weitere Spiele.

Der zweite Ansatz, die Begutachtung der Würfel, zeigt, dass zwei der Würfel auf der "Sechser"-Seite abgerundete Kanten haben. Physikalisch scheint ein Einfluss möglich zu sein, da sich der Würfel eher weiterdreht, wenn die Sechsen unten liegt.

Es kann also statistisch nicht "bewiesen" werden, dass die Häufung der Sechser-Würfe durch die Asymmetrie der Würfel mitverursacht worden sind. Trotzdem besteht ein physikalisch begründeter Verdacht. Dazu kommt noch die Frage, ob die Kanten absichtlich gerundet worden sind, der Würfel also gezinkt wurde, oder ob dies nur eine "natürliche" Abnutzung ist.

Komplizierte "Klima-Würfel"

Die Klima-Forschung steht bei der statistischen Auswertung vor ähnlichen Fragen, jedoch in einer ungleich schwierigeren Situation: Erstens gibt es sehr viele unterschiedliche "Würfel" (z.B. die Feuchtigkeitsverteilung in der Atmosphäre, Windströmungen, Landnutzung, Ozeanströmungen, Meereisbedeckung usw.), zweitens haben sie alle mehr oder weniger "runde Kanten" und drittens weisen die Zahlen "Kommastellen" auf und sind nicht immer nach oben und unten limitiert. Und zu

guter letzt sehen wir jeweils nur das Gesamtergebnis, also die Summe, ohne genau zu wissen, welche Zahl von welchem Würfel stammt. Eine Häufung von Ereignissen könnte Ausdruck eines zunehmenden Trends sein, wäre aber auch unter 'nicht-gezinkten' Klimabedingungen durchaus möglich.

Werden extreme Ereignisse häufiger?

Theoretische Abschätzungen zeigen, dass für 100-Tages-Ereignisse (d.h. solche, die im Durchschnitt alle 100 Tage auftreten) eine Veränderung der Häufigkeit nur dann statistisch nachgewiesen werden kann, wenn sich die Wahrscheinlichkeit in 100 Jahren um mindestens einen Faktor 2 verändert, also verdoppelt hat. Für 1-Jahres-Ereignisse bedarf es sogar einer Änderung um den Faktor 3 und für Ereignisse mit bedeutenden Schäden (in der Schweiz alle paar Jahre) um Faktoren im Bereich von 10 bis 20.

Da lediglich etwa 100-jährige Messreihen zur Verfügung stehen und ein massgeblicher menschverursachter Einfluss erst etwa seit dieser Zeit eingesetzt hat, ist ein statistischer Nachweis für Extremereignisse nicht möglich. Eine Verzehnfachung der Häufigkeit ist (zum Glück!) unwahrscheinlich. Auch in den nächsten Jahrzehnten werden deshalb regional keine Aussagen über Trends von schadenbringenden Extremereignissen möglich sein. Auf globaler Skala, wo Extremereignisse häufiger sind, ist hingegen der Nachweis eines Trendes denkbar, falls ein solcher grossflächig aufgetreten ist. Für weniger seltene, intensive Ereignisse (alle paar Monate) sind jedoch Aussagen möglich: Die Klimabeobachtungen der Schweiz zeigen, dass intensive Niederschläge, die im Durchschnitt alle 30 Tage vorkommen, seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts nachweislich zugenommen haben. Im Winter und Herbst beläuft sich diese Zunahme auf 20-80%. Für sich alleine beweisen diese Veränderungen einen ursächlichen Zusammenhang mit der globalen Klimaveränderung noch nicht, und sie müssen auch nicht repräsentativ für Extremniederschläge sein. Vergleichbare Beobachtungen in vielen anderen Gebieten der mittleren geografischen Breiten und insbesondere das physikalische Verständnis über den Wasserkreislauf in einer wärmeren Welt weisen aber zumindest auf diese Möglichkeit hin.

Mehr Wärme - mehr Feuchte - mehr Energie

Finden wir nun an den "Klima-Würfeln" Spuren menschlicher Einwirkung? Eine Spur ist unbestrittenermassen erkennbar: Die Erhöhung der CO₂-Konzentration und damit des Treibhauseffekts in der Atmosphäre. Wie steht es jedoch mit Extremereignissen? Der aktuelle Kenntnisstand der physikalischen Vorgänge in Ozean und Atmosphäre gibt tatsächlich Hinweise darauf, dass die globale Erwärmung Extremereignisse verstärken kann. An erster Stelle steht der grundsätzlich grössere Energiegehalt einer wärmeren Atmosphäre.

Durch die zusätzliche Verdunstung von Wasser bei höheren Temperaturen steht mehr "latente" Energie (Energie, die bei der Kondensation des Wasserdampfes wieder frei wird) zur Verfügung. Diese Energie könnte sich einerseits auf die Dynamik von Wettersystemen wie Tiefdruckgebiete, Fronten, Gewitter oder tropische Wirbelstürme auswirken. Andererseits können sich auch markante Rückkopplungen auf den Wasserkreislauf ergeben: Globale Klimamodelle zeigen, dass die Atmosphäre pro Grad Erwärmung etwa 7% mehr Feuchte aufnehmen kann. Daraus kann eine Verstärkung des Wasserkreislaufs mit mehr Niederschlag resultieren, und zwar vor allem für die mittleren und hohen geographischen Breiten und das Winterhalbjahr. Modellrechnungen über Europa ergeben zudem, dass sich die erhöhten Niederschläge eines intensiveren Wasserkreislaufs nicht auf längere Niederschlagsepisoden oder ausgedehntere Niederschlagsgebiete verteilen. Vielmehr nimmt die Intensität zu: Bei einer Erwärmung um 2 Grad zeigen die Rechnungen eine Zunahme starker Regenfälle um 20-40%. Wie bereits erwähnt, zeigen die statistischen Auswertungen von Langzeitbeobachtungen in der Schweiz genau in diese Richtung.

Eine Intensivierung des Wasserkreislaufs im Winterhalbjahr könnte vor allem Auswirkungen auf der Alpensüdseite haben. Dort gibt es, mit der Zufuhr feuchter Luft vom Mittelmeer, auch unter heutigen Klimaverhältnissen im Herbst besonders intensive Niederschläge. Diese könnten sich verstärken. Aber auch winterliche Hochwasserlagen könnten von einer solchen Entwicklung betroffen sein. Aussagen über Sommergewittern sind zur Zeit noch nicht möglich.

Veränderte Zirkulationsmuster?

Für die Windgeschwindigkeiten und damit auch das Auftreten von Stürmen sind weniger die absoluten Temperaturen als vielmehr die regionalen Temperaturgegensätze entscheidend. Wie die sich in einer wärmeren Atmosphäre verändern, ist sehr schwierig abzuschätzen. Einerseits wird erwartet, dass sich die Polregionen stärker erwärmen als die Tropen und damit die globalen Temperaturunterschiede schwächer werden. Andererseits können dadurch auch die Zirkulationsmuster verändert werden: Bei grossen hemisphärischen Temperaturunterschieden Nord-Süd erfolgt der Temperaturaustausch über mächtige Kaltluftvorstösse mit allgemein geringeren Windgeschwindigkeiten, bei ausgeglicheneren Temperaturen verläuft die Grenze zwischen den polaren und den tropischen Luftmassen eher von West nach Ost mit westlichen Winden. Dabei können regional recht grosse Temperaturunterschiede aufgebaut werden. Welche Effekte überwiegen werden und ob nun insgesamt die Westwindlagen, die in der Schweiz die höchsten Windgeschwindigkeiten verursachen (und uns u.a. den "Lothar" gebracht haben), tatsächlich

häufiger werden, ist aus den bisherigen Modellrechnungen und Statistiken nicht abzuschätzen.

Verändertes Risiko

National wird sich ein verändertes klimabedingtes Risiko durch Extremereignisse auch in 50 Jahren aufgrund der Beobachtungen weder schlüssig nachweisen noch ausschliessen lassen. Die Zahl von Ereignissen wird weitgehend vom Zufall bestimmt sein, auch wenn markante Verschiebungen in ihrer Wahrscheinlichkeit bereits eingetreten sind. Die Auswirkungen eines veränderten Risikos werden zuerst global und kontinental erfassbar. Auf diesen Skalen könnten Verschiebungen aus den zufälligen Variationen bald einmal hervortreten. Global tätige Rückversicherer dürften solche Entwicklungen zuerst spüren.

Die gegenwärtige Häufung von Extremereignissen kann Zufall sein, doch sprechen sowohl die bestehenden physikalischen Kenntnisse als auch die aktuelle Entwicklung der etwas weniger seltenen Ereignisse dafür, dass die globale Erwärmung eine zunehmende Rolle spielt.

Kontaktpersonen:

Dr. Christoph Frei, Institut für Klimaforschung, ETH Zürich, Winterthurerstr. 190, 8057 Zürich,
Tel: 01-635 52 32, Fax: 01-362 51 97, e-mail: christoph.frei@geo.umnw.ethz.ch

Prof. Christoph Schär, Institut für Klimaforschung, ETH Zürich, Winterthurerstr. 190, 8057 Zürich,
Tel: 01-635 51 99, Fax: 01-362 51 97, e-mail: schaer@geo.umnw.ethz.ch

Prof. Heinz Wanner, Geographisches Institut, Universität Bern, Hallerstr. 12, 3012 Bern,
Tel: 031-631 88 85, Fax: 031-631 85 11, e-mail: wanner@giub.unibe.ch

Prof. Martin Beniston, Institut de Géographie, Université de Fribourg, Pérolles, CH-1700 Fribourg,
Tel. 026-300 90 11, Fax : 026-300 97 46, e-mail: martin.beniston@unifr.ch