

## Informationsdienst Wissenschaft

### Pressemitteilung

#### Kippelemente im Erdsystem: Wie stabil ist die heutige Um-Welt?

Patrick Eickemeier, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

09.12.2009 11:16

Das Wissenschaftsmagazin "Proceedings of the National Academy of Sciences" veröffentlicht in einem Sonderschwerpunkt neue wissenschaftliche Erkenntnisse über Kippelemente im Klimasystem. Kippelemente sind als Bestandteile des Erdsystems identifiziert worden, die schon durch geringe Störungen grundsätzlich verändert werden können. Das Kippen eines oder mehrerer dieser Elemente - insbesondere im Laufe fortschreitender Erderwärmung - könnte die bemerkenswert stabilen Umweltbedingungen der Nacheiszeit unwiderruflich beenden.

Der Schwerpunkt der aktuellen Ausgabe der renommierten Fachzeitschrift wurde inhaltlich von Hans Joachim Schellnhuber, dem Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) gestaltet. Die Veröffentlichung ist auch ein grundlegender Beitrag zur Nachhaltigkeitsforschung. Die beteiligten Autoren analysieren im Einzelnen acht bedeutende Elemente des Erdsystems. Drei davon, die größte Staubquelle unseres Planeten sowie ozeanische Stoffkreisläufe und Methanhydrate werden erstmals eingehend als potenzielle Kippelemente diskutiert.



Kippelement Bodélé-Senke: Dieser riesige Staubsturm wurde in mehreren Überflügen des Gebiets vom Nasa-Satelliten Aqua aufgenommen.  
Quelle: Jacques Descoitres, MODIS Rapid Response Team, NASA-Goddard Space Flight Center

"Es ist die Kardinalfrage der Erdsystem- und Nachhaltigkeitsforschung, ob die Erderwärmung zu singulären Veränderungen kritischer Bestandteile der planetarischen Maschinerie führen kann", sagt Schellnhuber. Singuläre - im Gegensatz zu stetigen linearen und nichtlinearen Veränderungen - würden die Umweltbedingungen drastisch verändern, unter denen menschliche Zivilisationen entstanden sind und sich über Jahrtausende entwickelt haben. "Gegenwärtig funktioniert das Klimasystem noch im Holozän-Modus, doch die hier vorgestellten Forschungsergebnisse belegen, dass ein Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur um mehr als zwei Grad Celsius das System in den Bereich singulärer Veränderungen drücken könnte und daher verhindert werden muss", so Schellnhuber weiter.

Der PIK-Forscher hat das Konzept der Kippelemente vor etwa zehn Jahren in den wissenschaftlichen Diskurs eingebracht. Es beschreibt, wie menschliche Aktivitäten Bestandteile des Klimasystems über kritische Grenzen hinaus belasten könnten, sodass wichtige Prozesse im Gesamtgefüge "kippen" und von da an grundsätzlich anders ablaufen. In einem 2008 veröffentlichten und vielfach zitierten Artikel hatten Tim Lenton von der britischen University of East Anglia und Hans Joachim Schellnhuber eine formale Definition und eine Liste der neun Kippelemente präsentiert, die von besonderer politischer Relevanz sind. Auf fünf dieser Elemente wird in der vorliegenden Sonderausgabe näher eingegangen: das Klimaphänomen El Niño/Südliche Oszillation (ENSO), das Arktische Meereis und die großen polaren Eisschilde, den Amazonas-Regenwald, die Monsunsysteme sowie die Zirkulation von Meeresströmungen im Atlantik.

Matthias Hofmann und Stefan Rahmstorf vom PIK diskutieren das letztgenannte Thema der Stabilität der so genannten Thermohalinen Atlantischen Umwälzströmung. Die Autoren präsentieren neue Modellsimulationen der Zirkulation unter zunehmenden Süßwassereinstrom in den Nordatlantik. Diese stehen im Widerspruch zur Hypothese, nach der die simulierte Abschwächung der Zirkulation und die Möglichkeit einer abrupten Veränderung durch Fehler der Modelle zustande kämen. Vielmehr zeigten die Projektionen weiter entwickelter Modelle, dass der Strömungskreislauf anfälliger sei als bislang angenommen.

Eine Forschergruppe um Anders Levermann vom PIK zeigt, dass jedes Monsunsystem durch die Möglichkeit

eines abrupten Abbruchs gekennzeichnet ist. Dies beruht auf der so genannten Feuchte-Advektions-Rückkopplung, die Kern der Monsunsysteme ist. Die Autoren des Artikels haben diesen sich selbst verstärkenden Effekt, der die Luftzirkulation zwischen Land und Meer aufrecht erhält aber auch unterbrechen kann, in einem konzeptionellen Monsunmodell abgebildet. Von der Regelmäßigkeit der Monsunniederschläge hängt die landwirtschaftliche Nahrungsmittelversorgung von mehreren Hundert Millionen Menschen in den Monsunregionen ab.

David Archer von der University of Chicago und seine Koautoren liefern Argumente dafür, Methanhydrate in Sedimenten am Meeresgrund als "langsameres Kippelement" im Klimasystem der Erde zu betrachten. Ein globaler Temperaturanstieg von etwa drei Grad Celsius könnte - über Jahrtausende - mehr als die Hälfte des eingelagerten Methans freisetzen, das sind geschätzte 940 Milliarden Tonnen Kohlenstoff. Dies wiederum könnte die globale Mitteltemperatur um bis zu 0,5 Grad Celsius ansteigen lassen. Die Autoren führen diesen Temperaturanstieg auf die Wirkung des Treibhausgases Methan zurück. Er würde jedoch über viele Jahrtausende anhalten, da Methan innerhalb etwa eines Jahrzehnts zu Kohlendioxid oxidiert wird, das über Jahrtausende klimawirksam ist.

Ulf Riebesell und seine Kollegen vom Leibniz-Institut für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR) beschreiben die Ozeane als Bestandteil des Klima-Systems, der derzeit deutlich verändert wird. Die Meere erwärmen sich und das Milieu des Wassers wird durch die Aufnahme von Kohlendioxid saurer bzw. weniger basisch. Weiterhin zunehmende Emissionen von Treibhausgasen könnten die Stoffkreisläufe von Kohlenstoff und Nährstoffen in den oberflächennahen Wasserschichten verändern und ganze marine Ökosysteme schädigen. Nach gegenwärtigem Wissensstand könne die Frage noch nicht beantwortet werden, ob es Kippunkte in der Meeresumwelt gibt, schließen die Autoren. Einige der projizierten biogeochemischen Veränderungen der Ozeane könnten jedoch schwerwiegende Folgen haben.

Mojib Latif und Noel Keenlyside, ebenfalls vom IFM-GEOMAR, fassen den Wissensstand über die komplizierten Mechanismen des Klimaphänomens El Niño/Südliche Oszillation (ENSO) zusammen. Es kann von einem Jahr aufs andere Temperaturen und Niederschläge im tropischen Pazifik stark verändern und hat vielfältige Auswirkungen auf das Klimasystem der Erde. Heutige Modelle könnten das mögliche Kippverhalten des ENSO-Phänomens jedoch nicht erfassen, schließen die Autoren. Angesichts der möglicherweise schwerwiegenden Folgewirkungen auf biologische, chemische und sozioökonomische Systeme muss die Frage weiter untersucht werden, ob die Erderwärmung die Dynamik des Phänomens grundlegend verändern könnte.

Ein Forscherteam unter der Leitung von Richard Washington von der University of Oxford hat die größte Staubquelle unseres Planeten, die Bodélé-Senke in Tschad, als potentiell Kippelement identifiziert. Von dieser Fläche in der südlichen Sahara werden in riesigen Wolken bis zu 700.000 Tonnen Staub in Richtung Atlantik und Amazonasbecken verweht. Die Verfasser legen dar, wie die so aufgewirbelten mineralischen Luftschwebstoffe Kontinente übergreifende klimatische und biophysische Rückkopplungsmechanismen maßgeblich beeinflussen. Sollten sich aufgrund menschlicher Eingriffe regionale Windverhältnisse oder die Oberflächenbeschaffenheit der Bodélé-Senke verändern, könnte die Staubmenge innerhalb eines Jahres stark verändert werden.

Forscher um Yadvinder Malhi, ebenfalls von der University of Oxford, haben mit 19 verschiedenen globalen Klimamodellen untersucht, ob der Klimawandel zu einem großflächigen Absterben des Amazonas-Regenwalds führen könnte. Der Analyse liegt ein Szenario mit im Laufe dieses Jahrhunderts stetig zunehmenden Emissionen von Treibhausgasen zugrunde. Die Ergebnisse deuten darauf, dass Teile des Waldes in der Trockenzeit unter Wasserstress geraten könnten. Die Forscher liefern zudem Hinweise, dass der Amazonas-Regenwald charakteristische Eigenschaften eines Kippelements aufweist und sich zu einem tropischen saisonalen Wald verändern könnte.

In seinem Artikel über mögliche Schwellenwerte beim Rückgang von Meereis und kontinentaler Eisschilde schließt Dirk Notz vom Max-Planck-Institute für Meteorologie, dass Kippunkte eher für den Rückgang des Grönländischen und des Westantarktischen Eisschildes bestehen könnten als für den Schwund des arktischen Meereises, das sich in einem kühleren Klima wieder bis zu früheren Werten ausdehnen könnte. Eisschilde auf dem Land könnten bei regionaler Erwärmung weit anfälliger sein, da sie im Gegensatz zum arktischen Meereis nicht durch innere Rückkopplungsmechanismen stabilisiert würden. Das Zerrinnen der großen Eisschilde könnte den Meeresspiegel in den nächsten Jahrhunderten um mehrere Meter ansteigen lassen.

Um eine Aktivierung der Kippelemente zu verhindern fordern der Nobelpreisträger Mario Molina von der University of California in San Diego und seine Koautoren rasches Handeln von Entscheidungsträgern in

Politik und Wirtschaft. Die Autoren schlagen vor, das Montreal-Protokoll auf klimawirksame Stoffe auszuweiten. Insbesondere der Einsatz von Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffen sollte rascher völlig eingestellt und Emissionen von Ruß massiv reduziert werden.

"Nach zwei verlorenen Jahrzehnten im Klimaschutz seit Erscheinen des Weltklimaberichts von 1990 ist zweifelhafter denn je, ob es der Gesellschaft gelingen wird, die Gefahren der globalen Umweltveränderungen auf ein tolerierbares Maß zu begrenzen", sagt Hans Joachim Schellnhuber. Das Forschungsgebiet der Kippelemente entwickle sich rasch zu einem bedeutenden Wissenschaftsbereich, die entscheidenden Forschungsfragen stellten jedoch noch immer große wissenschaftliche Herausforderungen dar. Keiner der untersuchten Gegenstände könnte künftig außer Acht gelassen werden, weil etwa anthropogene Einflüsse als Auslöser irregulären Verhaltens ausgeschlossen werden könnten. Ebenso wäre die Forschung bei keinem der diskutierten Kipp-Elemente schon so weit, dass man die Aktivierungstemperaturen oder Reaktionszeiten quantifizieren könnte. "Viele der Veröffentlichungen weisen den Weg für weitere Forschungen, aber es scheint, als müssten wir mindestens ein weiteres Jahrzehnt in quälender Ungewissheit über die potenziell bedrohlichsten Auswirkungen der globalen Erwärmung leben", sagt Schellnhuber.

**Weitere Informationen:**

[http://igsd.org/documents/PR\\_PNASSpecialFeature\\_7Dec09.pdf](http://igsd.org/documents/PR_PNASSpecialFeature_7Dec09.pdf) Pressemitteilung des Institute for Governance & Sustainable Development (pdf-Datei, 67 KB)

<http://idw-online.de/pages/de/news339366> PIK-Pressemitteilung vom 19.10.2009: Monsun-Modell weist auf Möglichkeit abrupter Veränderungen hin

<http://idw-online.de/pages/de/news245352> PIK-Pressemitteilung vom 05.02.2008: Kippelemente im Klimasystem der Erde

URL dieser Pressemitteilung: <http://idw-online.de/pages/de/news348196>

**Merkmale dieser Pressemitteilung:**

Biologie, Chemie, Geowissenschaften, Meer / Klima, Umwelt / Ökologie  
überregional

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen deutsch