

Wie das Klima ganz schnell kippen könnte

Manche Prozesse beschleunigen sich sprunghaft

Der Begriff Erderwärmung suggeriert, dass es einfach immer heißer wird. Doch Wissenschaftler gehen davon aus, dass bestimmte Klimaprozesse bei Erreichen eines Grenzwerts eine ungeheure Eigendynamik entwickeln. Das Klima könnte sich dadurch geradezu sprunghaft wandeln.

Von Roland Knauer

Wenn der Weltklimarat IPCC oder Klimaforschungsinstitute Kurven zeigen, wie sich das Klima auf der Erde in den kommenden Jahrzehnten entwickeln dürfte, verlaufen diese meist ziemlich regelmäßig. Dabei veränderte sich das Klima in der Vergangenheit manchmal sehr abrupt, wenn bestimmte Grenzwerte überschritten und – im übertragenen Sinn – Schalter umgelegt wurden. Weil solche Klimasprünge aber allenfalls grob abgeschätzt werden können, werden sie in vielen Modellen kaum berücksichtigt. Wissenschaftler des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) haben daher 15 solcher möglichen „Kippschalter“ unter die Lupe genommen, um das Risiko solcher Prozesse besser abschätzen zu können. Diese könnten das Klima und Ökosystem gravierend verändern.

„Wir haben zunächst einmal unser Fachwissen gebündelt, um die einzelnen Kippschalter zu analysieren“, erklärt PIK-Forscher Wolfgang Lucht das Vorgehen. Anschließend haben die Wissenschaftler gemeinsam mit Kollegen aus England und den USA wissenschaftliche Veröffentlichungen auf Ergebnisse zu diesen Kippschaltern abgeklöpft und zusätzlich mit etlichen Fachkollegen solche Prozesse ausführlich diskutiert. Am Ende floss das geballte Wissen von 88 Forschern in eine erste grobe Abschätzung dieser Kippschalter des Klimas ein, die nun im Fachjournal „Proceedings of the National Academy of Sciences“ veröffentlicht worden ist.

Zwei der Prozesse ordnen die Forscher jetzt als Kippschalter ein, die relativ anfällig für Klimaänderungen sind. Einer davon ist das Eis auf dem Meer um den Nordpol. Wenn die durchschnittliche Temperatur auf dem Globus sich nur um ein halbes bis zwei Grad Celsius erhöht, könnte es passieren, dass zumindest im Sommer diese Eisdecke vollständig abschmilzt. Und da die Temperaturen in den letzten hundert Jahren bereits um rund 0,75 Grad Celsius gestiegen sind, könnte dieser Schalter bereits umgelegt sein.

Eis reflektiert viel Sonnenenergie

Bis jetzt reflektiert das Eis um den Nordpol auch im Sommer den weitaus größten Teil der einfallenden Sonnenenergie wieder zurück in den Weltraum. Treffen die Sonnenstrahlen aber nicht auf blendend weißes Eis, sondern auf dunkles Wasser, wird ein erheblicher Teil der Wärmeenergie eingefangen. Fehlt das Meeris, beschleunigt sich daher die Erwärmung des Klimas kräftig. Dem ersten Anschein nach läuft dieser Prozess bereits. Ende August 2007 jedenfalls war die Eisdecke über dem Meer um den Nordpol auf 2,99 Millionen Quadratkilometer geschrumpft. Das war gerade noch die Hälfte

der Eisdecke, die zwischen 1960 und 1980 im Sommer normalerweise vorhanden war.

Der zweite kritische Kippschalter könnte der Eispanzer über Grönland sein. Weil die Temperaturen in hohen Breiten besonders schnell steigen, könnten vor allem die Ränder des Eispanzers schneller als bisher abschmelzen. Es flösse mehr Eis aus dem Inneren nach, und der Eispanzer würde dünner. Da die Temperatur aber mit sinkender Höhe steigt, könnten die Zonen der Schmelze größere Bereiche der jetzt niedrigeren Eisoberfläche erfassen und das Abtauen weiter beschleunigen. Im schlimmsten Fall könnte ein großer Teil des Grönlandeises innerhalb von 300 Jahren schmelzen und den Meeresspiegel je nach Grad des Abschmelzens um zwei bis sieben Meter steigen lassen. Schon bei einer Erwärmung um ein bis zwei Grad Celsius im Weltdurchschnitt könnte es so weit sein, vermuten die Forscher. Da niemand weiß, ob und wie ein einmal angestoßenes Abschmelzen des Grönlandeises wieder gestoppt werden könnte, scheint das Weltklima in diesem Bereich einer kritischen Grenze gefährlich nahe zu sein.

Die Vegetation ändert sich

Eine Reihe weiterer Kippschalter ordnen die Forscher als möglicherweise gefährlich, aber schwer abschätzbar ein. Dazu gehören auch die riesigen Wälder im Norden Kanadas und Sibiriens, erklärt Wolfgang Lucht. Schon heute werden die Bäume dort mit extremen Temperaturen fertig. Im Winter fallen diese manchmal bis auf minus sechzig Grad, im Sommer können es auch einmal 35 Plusgrade sein. Gerade in diesen Regionen lassen die Klimamodelle besonders kräftige Temperaturanstiege im Sommer vermuten. Niemand weiß, ob die Bäume der Taiga mit 40 oder mehr Hitzegraden fertig werden. „In den Tropen pumpen die Bäume in solchen Situationen zur Kühlung viel Wasser durch ihre breiten Leitungsbahnen zu den Blättern“, erklärt Lucht. Verdunstet das Wasser, kühlt es gleichzeitig die Blätter. In hohen Breiten aber haben die Bäume schmale Leitungsbahnen, weil breite Gefäße bei strengem Frost schnell beschädigt würden. Für Insekten sind solche geschwächten Bäume ideale Opfer, bald finden Waldbrände reiche Nahrung.

Steigende Temperaturen könnten die Vegetation der heutigen Taiga daher schnell verschwinden lassen. Aus gemäßigten Breiten dürften dann kaum Gehölze einwandern, weil sie die extreme Kälte Sibiriens nicht vertragen, die nach wie vor die Winter beherrschen wird. Da solche Kippschalter große Schäden auslösen könnten, sind sie ein erhebliches Risiko für die Gesellschaft, auch wenn einzelne Kippvorgänge nur mit einer relativ geringen Wahrscheinlichkeit auftreten. In anderen Bereichen wappnet sich die Gesellschaft längst gegen solche seltenen Ereignisse mit großen Schäden und ergreift alle nur denkbaren Maßnahmen, um zum Beispiel den Absturz eines Großraumjets möglichst unwahrscheinlich zu machen. Die Forscher rechnen daher damit, dass die Diskussion um solche Kippschalter die Maßnahmen zum Klimaschutz verstärken wird.



Nach Einschätzung von Wissenschaftlern ist das Schmelzen des Grönlandeises durch steigende Temperaturen von einem gewissen Punkt an kaum mehr aufzuhalten. Foto AP

Gebiete an kritischen Grenzen

Das Eis der Westantarktis ruht auf großen Flächen auf dem Meeresgrund. Es könnte aufschwimmen und schmelzen, wenn die Temperaturen weltweit um drei bis fünf Grad steigen. Dann würde der Meeresspiegel um fünf Meter steigen.

Eine Klimamodelle lassen vermuten, dass die Klimaanomalie El Niño bei einer ähnlichen Temperaturerhöhung zum Normalzustand werden könnte. Dann würden Dürren in Australien und Indonesien häufiger auftreten. Zudem wäre es möglich, dass

der Amazonasregenwald dann vertrocknet. Einmal verschwunden, ist seine Rückkehr unwahrscheinlich. Für die Sahelzone Afrikas ist nicht klar, ob steigende Temperaturen mehr oder weniger Regen bringen – oder mehr Extremereignisse wie Dürren und Überschwemmungen im Wechsel.

Unsicher bleibt, wie Europas Warmwasserheizung, der Nordatlantikstrom, auf den Klimawandel reagiert. Ob eine Erwärmung tieferer Meeresschichten dort zu einem massenhaften Austreten des Klimagas Methan führen könnte, das seinerseits die globalen Temperaturen weiter in die Höhe treiben würde, wissen die Forscher bis jetzt nicht genau. rtk

„Offen über Forschungsoptionen reden“

Marcel Leist arbeitet mit menschlichen Stammzellen, um Chemikalien auf Schädlichkeit zu testen

Der Pharmakologe Marcel Leist (43) von der Universität Konstanz hat als erster Forscher in Baden-Württemberg die Genehmigung zur Arbeit mit menschlichen embryonalen Stammzellen erhalten. Er will sie in Nervenzellen verwandeln, um an ihnen die Gefährlichkeit von Chemikalien zu testen. Alexander Mäder hat sich mit ihm darüber unterhalten.

Herr Leist, Sie wollen Methoden entwickeln, um Chemikaliengestoffen an Tieren zu ersetzen. Sind aber menschliche Stammzellen eine Alternative, wenn dafür Embryos zerstört werden müssen?

Ganz klar: nein. Wenn es bloß darum gegangen wäre, Tierversuche durch Stammzellversuche zu ersetzen, wäre das Projekt nicht als hochwertiges Forschungsvorhaben genehmigt worden. Es geht vielmehr um einen Bereich, in dem keine aussagekräftigen Tierversuche möglich sind: die Entwicklungsneurotoxizität. Wir wollen untersuchen, ob Chemikalien die Entwicklung des Gehirns beeinträchtigen. In diesem Punkt unterscheiden sich tierische Nervenzellen zu stark von menschlichen.

Gibt es zu den embryonalen Stammzellen keine Alternative?

Bisher gibt es nur epidemiologische Studien, also statistische Auswertungen von Krankheitsregistern. Für Blei ist auf diese Weise zum Beispiel gut belegt worden, dass es die durchschnittliche Intelligenz in der Bevölkerung senkt. Aber solche Daten müssen über Jahrzehnte erhoben werden und sind – wie man am Beispiel des Rauchens sieht – oft umstritten. Daher finde ich es sinnvoll, nach einer neuen Methode zu suchen.

Wie viele menschliche Stammzellen werden Sie denn für Ihre Versuche voraussichtlich benötigen?

Wir arbeiten mit einer Stammzelllinie, die vor dem 1. Januar 2002 erzeugt worden ist. Da sich Stammzellen unbegrenzt vermehren, können wir immer wieder welche für weitere Experimente züchten. Mit bestimmten Hormonen und anderen Substanzen bringen wir einige von ihnen dazu, sich langsam in eine Nervenzelle zu verwandeln. Und bei

diesem Prozess können wir untersuchen, ob sich Chemikalien schädlich auswirken.

Viele Ihrer Fachkollegen kritisieren, dass die alten Stammzellen für die Forschung ungeeignet seien.

Vor dem Jahr 2002 kannte man sich mit den Hormonen und wachstumsfördernden Substanzen noch nicht so gut aus und hat einfach Rinderserum hinzugegeben. Die so behandelten Stammzellen kann man daher aus gesundheitlichen Bedenken nicht mehr in Menschen transferieren. Die Kollegen, die sich mit therapeutischen Möglichkeiten beschäftigen, können dies daher nur auf einer theoretischen Ebene tun. Für unsere Forschung ist das Rinderserum irrelevant, da wir nur im Reagenzglas experimentieren.

Aus Ihrer Sicht muss das Stammzellgesetz nicht geändert werden, um jüngere Stammzellen für die Forschung zuzulassen?

Aus der Zeit vor dem Jahr 2002 gibt es nur etwa 20 Stammzelllinien. Weltweit sind es heute aber 1000. Wir werden von März an in einem EU-weiten Projekt mit 30 weiteren



Der Stammzellforscher Marcel Leist Foto StZ

Forschergruppen an den Chemikaliengestoffen zusammenarbeiten. Damit die Ergebnisse vergleichbar bleiben, sollten alle mit derselben Stammzelllinie arbeiten. Wenn also die Kollegen eine neuere verwenden sollten, müssen wir aus dem Projekt aussteigen. Das geht auch den Kollegen in anderen Projekten so.

Sie arbeiten mit embryonalen Stammzellen, haben aber keine medizinische Therapie als Ziel. Sind Sie damit eine Ausnahme?

Nein. Ich komme gerade von einer internationalen Stammzelltagung in Paris. Dort befassten sich höchstens 50 Prozent der Kollegen mit therapeutischen Ansätzen. Andere arbeiten zum Beispiel an Modellen, um Krankheiten wie Parkinson und Alzheimer besser zu verstehen. Mäuse kann man dafür nicht nehmen, da sie diese Krankheiten nicht bekommen können. Daher versucht man, die Mechanismen der Krankheiten an menschlichen Stammzellen zu untersuchen.

Ist es dann richtig, in der öffentlichen Debatte um die Stammzellforschung mit der Aussicht auf neue medizinische Therapien zu argumentieren?

Es wäre Augenwischerei, wenn man in der Medizin kurzfristige Erfolge in Aussicht stellen würde. Dass sich die Debatte auf neue Therapien beschränkt, hängt damit zusammen, dass viele Menschen die Stammzellforschung pauschal ablehnen. Eine Debatte über andere interessante Forschungsoptionen ist in Deutschland kaum möglich. Es herrscht die Angst vor, damit eine Tür aufzustoßen, die besser geschlossen bleiben sollte. Vertrauen schafft man aber nur dadurch, dass man als Wissenschaftler offen über die Forschungsoptionen redet.

Sie sind vor zwei Jahren auf Ihren Lehrstuhl berufen worden. Ist es für Sie nicht riskant, sich in Ihrer wissenschaftlichen Karriere auf eine politisch umstrittene Forschungsrichtung einzulassen?

Im Dienste der Gesundheit forschen zu dürfen ist für mich zunächst ein großes Privileg. Ich denke, dass die Bevölkerung, die dies letztendlich finanziert, erwarten kann und sollte, dass wichtige Probleme mutig angegangen werden. Eine Karriere ergibt sich dann erst aus der Qualität der Arbeit.

Mehr Dramatik im Klimawandel?

Ein Politikum

Von Alexander Mäder

In diesen Tagen lässt sich beobachten, wie Wissenschaftler zunehmend politisch werden. Ein Beispiel für diese Entwicklung ist die im nebenstehenden Beitrag vorgestellte Studie über die großen Unbekannten in den Klimaprognosen. In ihrem Fachartikel schreiben die Wissenschaftler, dass der Gesellschaft durch die bisherigen Klimaprognosen ein falsches Gefühl der Sicherheit vermittelt werden könnte. Als wären die jüngsten Berichte des UN-Weltklimarats nicht alarmierend genug! Doch sie genügen den Wissenschaftlern nicht: Sie fordern noch größere Anstrengungen im Klimaschutz, weil weitere, bisher zu wenig thematisierte Gefahren drohen – zwar mit geringer Wahrscheinlichkeit, aber mit dramatischen Konsequenzen.

Ein zweites Beispiel kommt aus den USA: Dort haben sich beeindruckend viele Universitätspräsidenten, Fachzeitschriftenherausgeber und Nobelpreisträger zusammengeschlossen, um von den Präsidentschaftskandidaten Aussagen zu wissenschaftlichen Themen wie dem Klimawandel zu fordern. 13 500 Personen haben die Onlinepetition unter www.sciencedebate2008.com bereits unterschrieben. In einem Kommentar in der Fachzeitschrift „Nature“ kritisiert David Goldston von der Harvard-Universität dieses Projekt jedoch. Die Meinung von Clinton, Obama und McCain zum Klimaschutz zu erfragen, sei das eine, argumentiert Goldston. Doch er vermutet, dass die Unterzeichner des Appells mehr wollen: Sie wollen, dass sich die Politiker auf eine wissenschaftliche Debatte einlassen. Möglicherweise, schreibt Goldston, liegt dem Ganzen die alte und falsche Vorstellung zugrunde, dass die Politiker schon die richtigen Entscheidungen treffen, wenn sie nur die wissenschaftlichen Fakten kennen.

Gerade die aktuelle Studie zu den Unbekannten in den Klimaprognosen zeigt, dass das nicht funktionieren kann. Selbst wenn es gelänge, die Risiken des Klimawandels genau zu beziffern, bliebe doch die Frage offen, ob die Gesellschaft bereit ist, die Risiken einzugehen. Die Wissenschaftler argumentieren, dass auch unwahrscheinliche Gefahren ernst genommen werden müssen, wenn sie dramatische Konsequenzen haben. Aber das ist nun mal keine wissenschaftlich gesicherte Erkenntnis, sondern eine politische Meinung.

FUNDSTÜCKE

Ungewöhnliche Verdauungshilfe

Krokodile lieben reichhaltige Mahlzeiten – sie verschlingen bis zu einem Viertel ihres eigenen Körpergewichts auf einmal. Um des anschließenden Völlegefühls Herr zu werden, haben sie eine ganz eigene Methode entwickelt: Sie leiten ihr Blut um. Statt das verbrauchte kohlendioxidreiche Blut durch die Lunge fließen zu lassen, schicken sie es vom Herzen über eine Art zweite Aorta direkt wieder zurück in den Verdauungstrakt. Dort nutzen sie das saure Kohlendioxid, um die Magensäureproduktion hochzufahren. Gelänge ihnen das nicht, läge ihnen die Mahlzeit wohl äußerst schwer im Magen – und das gleich wochenlang. („Physiological and Biochemical Zoology“, Band 81, Seite 125)



So oder so ähnlich soll das Überschallflugzeug einmal aussehen. Bild Reaction Engines

Tagesausflug nach Sydney

Lediglich vier Stunden und 40 Minuten soll in Zukunft ein Trip von Brüssel nach Sydney dauern – dank eines neuartigen Hyperschalljets, dessen Konzept britische Entwickler jetzt vorgestellt haben. Etwa 6400 Kilometer pro Stunde und damit fünfmal schneller als der Schall soll das Superflugzeug mit Hilfe von flüssigem Wasserstoff als Brennstoff fliegen. Das Flugzeug soll mit 132 Meter Länge zudem deutlich größer werden als die größte heute genutzte Maschine. Innen könnten 300 Passagiere Platz finden. Allerdings gibt es zwei Wermutstropfen: Der Flieger wird keine Fenster haben und er wird frühestens in 25 Jahren in Betrieb gehen. („The Guardian“/AFP)

Alchemie mit einem Laser

Mit einem Laser ist US-Forschern gelungen, was Alchemisten jahrhundertlang vergeblich versucht haben: Sie können fast jedes Metall in Gold verwandeln – zumindest äußerlich. Dank eines Beschusses mit ultrakurzen, extrem energiereichen Laserpulsen bilden sich auf der Metalloberfläche winzige Hügel, Täler und Kügelchen und verleihen ihm vollkommen neue optische Eigenschaften. Die Methode funktioniert unter anderem bei Aluminium, Titan, Platin und Wolfram und kann neben Gold andere Farben erzeugen – mit Ausnahme von Rot und Grün. Die Forscher liefern auch Vorschläge für die Anwendung: Man könne eine Farbbild der Familie in die Edelstahltür des Kühlschranks lasern oder Verlobungsringe entwerfen, die zur Augenfarbe der Liebsten passen. (Mitteilung der University of Rochester) *ilb*

Antarktismeteorit soll über Klima informieren

Von dem seltenen Fund eines großen Meteoriten in der Antarktis erhoffen sich deutsche Forscher Einblicke in den Klimawandel der vergangenen Jahrtausende. Der 31 Kilogramm schwere Eisenmeteorit sei der größte derartige Fund auf dem eisbedeckten Kontinent seit 20 Jahren, teilte die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover mit. In der Nähe des Fundortes stießen Wissenschaftler einer BGR-Expedition auf 15 weitere, kleinere Meteoriten.

Der Ort und die Umgebung, wo Meteoriten gefunden werden, können den Wissenschaftlern Aufschluss über die Klimageschichte der Region geben. Das antarktische Eis birgt zahllose Meteoriten der vergangenen Jahrtausende. Dort, wo das Eis über ein Bodenhindernis wie etwa einen Hügel oder eine Geländekante fließt, wird tiefes Eis an die Oberfläche gedrückt und bringt dabei auch seine kosmische Fracht mit nach oben. Im Sommer verdunstet das Eis nach und nach und lässt die dabei freigelegten Meteoriten zurück. Liegt diese Verdunstungsstelle hoch genug, werden die dunklen Meteoriten vom Sonnenlicht nicht so stark aufgewärmt, dass sie das Eis schmelzen und wieder darin einsinken können. So können sich an bestimmten Stellen über die Jahrtausende Meteoriten unterschiedlicher Alters ansammeln, die Wissenschaftler sprechen dann von einer Meteoritenfalle. *dpa*

www.bgr.bund.de/meteorit-antarktis

Fische verbreiten Samen in den Tropen

Die Samen einiger tropischer Baumarten werden fast nur von Fischen verbreitet. Die Tiere dringen zu Hochwasserzeiten in überflutete Waldgebiete ein, fressen die Früchte der Bäume und scheiden die Samen an anderer Stelle wieder aus. Große Fische befördern dabei die meisten Samen und schwimmen auch am weitesten – doch gerade die großen Exemplare werden stark befischt. Das haben Mauro Galetti von der Universität in São Paulo und seine Kollegen herausgefunden. Fischerei in den Tropen dezimiert daher nicht nur die Fischbestände, sondern kann auch negative Auswirkungen auf den Erhalt von Baumarten haben, berichtet der Online-Dienst des Fachmagazins „Nature“. Die Samen der meisten Bäume werden durch Primaten, Nagetiere oder Vögel verbreitet. *ddp*