



SWR2 Wissen

Einmal Eiszeit und zurück

Wenn das Klima Sprünge macht

Von Max Rauner

Sendung: Dienstag, 23. Juli 2019, 8:30 Uhr
(Erstsendung: Montag, 11. Dezember 2017)
Redaktion: Gábor Paál
Produktion: SWR 2017

Immer wieder gab es Phasen in der Erdgeschichte, in denen das Klima kippte - als hätte jemand einen Schalter umgelegt. Zu diesen Schaltern gehört auch der Golfstrom. Forscher versuchen zu verstehen, was bei diesen „Kippunkten“ genau passiert.

SWR2 Wissen können Sie auch im **SWR2 Webradio** unter www.SWR2.de und auf Mobilgeräten in der **SWR2 App** hören – oder als **Podcast** nachhören:
<http://www1.swr.de/podcast/xml/swr2/wissen.xml>

Bitte beachten Sie:

Das Manuskript ist ausschließlich zum persönlichen, privaten Gebrauch bestimmt. Jede weitere Vervielfältigung und Verbreitung bedarf der ausdrücklichen Genehmigung des Urhebers bzw. des SWR.

Kennen Sie schon das Serviceangebot des Kulturradios SWR2?

Mit der kostenlosen SWR2 Kulturkarte können Sie zu ermäßigten Eintrittspreisen Veranstaltungen des SWR2 und seiner vielen Kulturpartner im Sendegebiet besuchen. Mit dem Infoheft SWR2 Kulturservice sind Sie stets über SWR2 und die zahlreichen Veranstaltungen im SWR2-Kulturpartner-Netz informiert. Jetzt anmelden unter 07221/300 200 oder swr2.de

Die neue SWR2 App für Android und iOS

Hören Sie das SWR2 Programm, wann und wo Sie wollen. Jederzeit live oder zeitversetzt, online oder offline. Alle Sendung stehen sieben Tage lang zum Nachhören bereit. Nutzen Sie die neuen Funktionen der SWR2 App: abonnieren, offline hören, stöbern, meistgehört, Themenbereiche, Empfehlungen, Entdeckungen ...
Kostenlos herunterladen: www.swr2.de/app

MANUSKRIFT

Stefan Rahmstorf:

Eine der wichtigsten Lektionen aus der Vergangenheit ist, dass es solche Kipppunkte tatsächlich gibt im Klimasystem, das ist nicht nur eine Theorie.

Thomas Stocker:

Kipppunkte sind schwierige Biester in der Wissenschaft.

Mojib Latif:

Bei zwei Grad glauben wir, dass bestimmte Schwellenwerte nicht erreicht werden, Darum geht es, deshalb sagen wir, einen Anstieg von zwei Grad Celsius und nicht mehr. Bei vier bis fünf Grad würden wir mit Sicherheit diese Schwellenwerte überschreiten und dann kommt es eben zu solchen Kippeffekten.

Jochem Marotzke:

Ob die Atlantikzirkulation sich abrupt ändern kann oder nicht, ist insofern nicht nur wissenschaftlich fundamental, sondern ist auch für die Klimafolgen enorm wichtig.

Sprecher:

Das Klima auf der Erde wandelt sich nicht immer langsam und schleichend. In der Erdgeschichte gab es immer wieder Phasen rascher Veränderungen. Und das könnte auch wieder passieren. Zum Beispiel ein plötzliches Versiegen des Golfstroms, das entgegen dem Trend eine schnelle Abkühlung Europas zur Folge hätte. Solche Klimasprünge können schon durch kleine Veränderungen der Umweltbedingungen ausgelöst werden. Das Risiko solcher Klimasprünge nimmt zu, wenn die globale Durchschnittstemperatur um mehr als zwei Grad ansteigt, warnt der Weltklimarat. Auf welche Belege stützt sich die Warnung? Und wie zuverlässig sind die Vorhersagen?

Ansage:

Einmal Eiszeit und wieder zurück – wenn das Klima Sprünge macht.
Von Max Rauner.

Brian Brademann:

Ohne Arbeitsschuhe kommst Du nicht auf die Plattform.

Oliver Rach:

Könnt Ihr mal kurz die Schwimmwesten hochnehmen? Dann können wir hier noch rein. Dann geh ich nach vorne und Ihr beide an die Seite.

Atmo:

Schiffsmotor, Stimmen

Sprecherin:

Der Steißlinger See in der Nähe von Radolfzell am Bodensee. Am Ufer ein kleines Hotel, Obstbäume, eine Liegewiese. Groß ist er nicht, der See, 20 Minuten dauert es, einmal durchzuschwimmen, und wenn es im Winter friert, kommen die Einheimischen zum Schlittschuhlaufen. An diesem Tag jedoch haben ihn die Klimaforscher erobert: vier Männer und zwei Frauen auf einem Schlauchboot.

Achim Brauer:

Wir wollen ein Bohrloch bis in die Zeit, als hier die Gletscher abgeschmolzen sind, zurückbohren.

Sprecherin:

Nach fünf Minuten erreichen sie eine Miniatur-Bohrinsel in der Mitte des Sees: eine Plattform aus Aluminium mit Dieselgenerator, Seilwinden, Metallgestänge.

Atmo:

Stimmen. Motor aus

Achim Brauer:

20 ½ Meter Wassertiefe, und was wir heute machen wollen: wir wollen eine Bohrkernserie nehmen.

Atmo:

Arbeitsgeräusche

Sprecherin:

Die Wissenschaftler lassen ein armdickes Metallrohr ins Wasser hinab, darin steckt ein Rohr aus Plexiglas. Das wollen sie in den Seeboden bohren, um Proben aus Sand und Sedimenten herauszuholen: Die Bohrkern. Sie schrauben Metallstangen aneinander, so dass ein viele Meter langer Bohrer entsteht. Das schwere Spezialwerkzeug wird mit einer elektrischen Seilwinde abgelassen.

Atmo:

Generator an

Sprecher:

Im Zusammenspiel von Ozeanen, Atmosphäre und Eis vermuten Wissenschaftler ein gutes Dutzend unterschiedlicher Kippunkte. Zum Beispiel das Auftauen der Permafrostböden in Sibirien. Dadurch wird das Treibhausgas Methan freigesetzt, das wiederum die globale Erwärmung beschleunigt – ein Teufelskreis. Oder das Schmelzen des Meereises im nördlichen Polarmeer. Schwindet das Eis, kann der Ozean mehr Sonnenenergie aufnehmen, das Wasser wird wärmer, das Eis schmilzt noch schneller. Auch das Abholzen der Regenwälder und das Abschmelzen der Eismassen über Grönland können Rückkopplungseffekte auslösen.

Sprecherin:

Solche Szenarien haben mit dem idyllischen Steißlinger See auf den ersten Blick nichts zu tun. Und doch erzählt dieser See eine Geschichte, die mit dem globalen Klimawandel und den Kippunkten zusammenhängt: die Geschichte der Klimasprünge in Europa.

Sprecher:

Vor 12.000 Jahren beginnt die bis heute andauernde Warmzeit: das Holozän. Seitdem ist das Klima vergleichsweise stabil. Vor dem Holozän jedoch kam es immer wieder zu abrupten, natürlichen Klimaveränderungen. Innerhalb nur weniger Jahrzehnte sanken die Durchschnittstemperaturen in Europa um vier bis fünf Grad. Jahrhunderte später stiegen sie ebenso schnell wieder an.

Sprecherin:

Im Steißlinger See ist die Geschichte der Klimasprünge in 20 Meter Tiefe verborgen: Im Schlamm des Seebodens, genauer gesagt: in den Sedimenten. Achim Brauer, Professor für Klimadynamik, ist vom Geoforschungszentrum Potsdam angereist.

Achim Brauer:

Das, was wir machen, ist letztlich wie ein großes Puzzle, das heißt, wir versuchen möglichst viele dieser Informationen zusammenzubringen. Eigentlich ne mühselige kleine Detektivarbeit. Man kann das auch vergleichen vielleicht mit Hieroglyphen, man hat sozusagen eine Schrift, man versteht aber nicht, was sie bedeutet, es fehlt das Vokabelheft.

Sprecherin:

Achim Brauer will die Sprache der Natur verstehen. Er ist ein Paläoklimatologe, das heißt, er rekonstruiert das Klima der Vergangenheit. Welche Temperaturen herrschten vor zehn- bis zwanzigtausend Jahren? Wieviel Regen und Schnee sind gefallen? Welche Pflanzen wuchsen damals? Diese Fragen will Brauers Forschungsgruppe beantworten und bohrt dafür in ganz Europa die Seeböden an. In Baden-Württemberg und Mecklenburg-Vorpommern, in Polen, den Alpen und in der Eifel.

Achim Brauer:

Es sind nur ganz wenige Seen geeignet. Ein ganz kleiner Teil der Seen hat tatsächlich diese Jahresschichten. Eine Faustregel ist, die Seen sollten möglichst tief sein im Vergleich zur Oberfläche. Denn wenn sie flach sind, gibt es über Windeinflüsse Zirkulationen im See oder Bodenlebewesen, die diese Schichten zerstören.

Sprecherin:

Der Steißlinger See entstand vor 15.000 Jahren am Rand eines gewaltigen Gletschers, der von den Alpen bis über den Bodensee reichte. Mit dem Ende der Eiszeit zog sich der Gletscher zurück, und die Jahreszeiten hinterließen ihre Spuren.

Achim Brauer:

Wenn es warm wird, im Frühjahr, dann beginnen Algen zu blühen. Die Reste, wenn sie abgestorben sind, sinken auf den Seeboden und bilden eine Schicht, eine feine Schicht. Dann im Herbst, wenn die Herbststürme beginnen, haben wir Wellenschlag, dann wird Material, das sich im Uferbereich abgelagert hat, ganz fein in die Tiefe des Sees gespült.

Sprecherin:

Jahr für Jahr lagerten sich Sedimente ab. Sie sind heute geschichtet wie ein Baumkuchen. Die Wissenschaftler nutzen diese Schichten als natürliches Archiv. Sie können daran ablesen, wie sich das Klima über Jahrtausende hinweg verändert hat. Auf dem Steißlinger See holt Oliver Rach nach einer halben Stunde den ersten Bohrkern, zwei Meter lang, an die Oberfläche. Die Sedimente stecken in dem Rohr aus Plexiglas.

Atmo:

Wasser spült Bohrkern ab

Oliver Rach:

Das Teil muss ganz sauber sein. Weil wenn hier Sand dran ist, dann funktioniert der Kernfänger nicht richtig, und dann rutscht dieser Kern, sobald der Unterdruck weg ist, und der Kern aus dem Wasser rauskommt, rutscht das ganze Sediment wieder raus.

Sprecherin:

Dann wird das Rohr verschlossen. Am übernächsten Tag sollen die Bohrkern nach Potsdam gebracht und am Geoforschungszentrum untersucht werden.

Achim Brauer:

Wir machen das so, dass wir Dünnschnitte von diesen Sedimenten herstellen, das heißt, man kann sich das wirklich unterm Mikroskop Jahr für Jahr anschauen, zum Beispiel 50 Jahre vor 10.000 Jahren, um zu sehen, was wirklich passiert ist, wie solche Veränderungen stattgefunden haben, so eine Zeitreise in die Vergangenheit ist für mich immer faszinierend gewesen.

Sprecherin:

Je tiefer die Wissenschaftler in den Seeboden vorstoßen, desto älter sind die Sedimente. Die untersten Schichten sind vor 15.000 Jahren entstanden. Die Kunst besteht darin, die Spuren im Schlamm richtig zu interpretieren. Als die Forscher an diesem Tag den dritten Bohrkern ins Schlauchboot hieven, entdecken sie im Bohrkern eine graue Schicht, die Ihnen bekannt vorkommt. Asche!

Achim Brauer:

Das wäre jetzt bei knapp fünf Metern. 4,80 Meter. Der letzte große Vulkanausbruch in Deutschland.

Sprecher:

Der ist bekannt: Das war der Ausbruch des Laacher Vulkans in der Eifel vor 13.000 Jahren

Achim Brauer:

Und die Asche ist transportiert worden bis nach Südschweden, aber zum Teil ist sie auch nach Südwesten gegangen. Wie viele Kilometer sind wir hier vom Laacher See? 400 Kilometer? Fünf? Man findet die Asche aber auch auf der anderen Seite der Alpen noch. In Norditalien.

Sprecherin:

Die Aschespuren solcher Vulkanausbrüche sind wichtige Indizien, um die Sedimentschichten genau zu datieren. Als nächstes müssen die Forscher aus den Bohrkernen die Temperaturen der Vergangenheit rekonstruieren. Das geht nur mit High-Tech-Instrumenten und physikalisch-chemischen Analysen im Labor.

Atmo:

GFZ-Labor: Klacken eines Schraubstocks

Brian Brademann:

Wir legen jetzt den Kern in die Sägevorrichtung ein und dann wird er sozusagen gespannt, dass er nachher nicht verrutscht.

Sprecherin:

Am Geoforschungszentrum Potsdam wird unterdessen ein Bohrkern aus einem anderen See bearbeitet.

Brian Brademann:

Dann würden wir jetzt anfangen mit dem Aufsägen des Bohrkerns. Dafür haben wir diese Schwingsäge. Das ist wie im Krankenhaus beim Gips aufschneiden.

Atmo:

GFZ-Labor: Säge

Sprecherin:

Brian Brademann ist am Deutschen Geoforschungszentrum so etwas wie der Chirurg. Das Institut befindet sich auf dem Telegrafenberg in Potsdam, zehn Geh-Minuten vom Hauptbahnhof entfernt. Hier lagern in einer Kühlhalle die Bohrkern aus europäischen Gewässern.

Atmo:

GFZ-Labor: Säge aus, Schabegeräusche

Brian Brademann:

Dann ist eine Seite jetzt fertig aufgesägt. Dann machen wir sozusagen die Ränder von dem Plastikrohr noch kurz sauber, mit dem Cuttermesser, dass wir nachher die Späne nicht im Kern haben. Entspannen das Rohr, drehen es um 180 Grad und sägen die andere Seite auf.

Sprecherin:

Später wird der Bohrkern mit einem Draht in der Mitte durchgeschnitten. Dann folgen die Laboranalysen. Die europäische Klimavergangenheit lässt sich mithilfe von Bohrkernen, Baumringen und anderer Klimaarchive immer genauer rekonstruieren.

Sprecher:

Vor 12.900 Jahren erlebte Westeuropa einen Temperatursturz. Zuvor herrschten hierzulande im Sommer erträgliche 17 Grad im Durchschnitt. Doch innerhalb weniger Jahrzehnte sank die Durchschnittstemperatur im Juli auf 13 Grad. Im Jahresmittel fielen die Temperaturen unter den Gefrierpunkt. Fichten und Birken starben aus, Gräser und Sträucher machten sich breit. Nach 1.300 Jahren stiegen die Temperaturen wieder rapide an, der Beginn der heutigen Warmzeit, mit der auch die Zivilisation begann: Ackerbau, Siedlungen, komplexe Gesellschaften. Diese kurze Phase davor, die Kältephase zwischen 12.900 und 11.600 vor heute bezeichnen Wissenschaftler als Jüngere Dryas, abgeleitet vom lateinischen Namen für den Weißen Silberwurz. Dieses Strauchgewächs hält kalten Temperaturen stand und war damals weit verbreitet.

Achim Brauer:

Wir reden heute viel über abrupten Klimawandel, schnellen, starken Klimawandel. Und die Jüngere Dryas ist das letzte natürliche Ereignis, wo wir wirklich innerhalb weniger Jahre solche starken Klimaschwankungen gehabt haben. Das könnte man bezeichnen als ein Klimaobservatorium der Vergangenheit, wo man an diesem Beispiel solche abrupten Veränderungen studieren kann.

Sprecherin:

Achim Brauer staunt selbst darüber, wie schnell sich damals das Klima verändert hat. Die Sedimente aus den europäischen Binnenseen sind seine Zeugen.

Achim Brauer;

Wenn man mal in diese Lagen reinschaut und macht eine Zeitreise zurück, vor 11.600 Jahren, und schaut sich dann mal ein Menschenleben an, 80 Jahre in Jahreslagen von einem See, und sieht dann, was da passieren kann, ist das schon beeindruckend, das nachzuvollziehen, welche massiven Änderungen da tatsächlich stattfinden können. Da haben ja auch schon Menschen gelebt. Jäger und Sammler, die das tatsächlich erlebt haben und damit klar kommen mussten und anscheinend auch klar gekommen sind.

Sprecher:

Was war die Ursache dieser Klimasprünge? Für Europa spielen die Launen des Golfstroms eine wichtige Rolle. Diese Meeresströmung transportiert heute lauwarmes Wasser von Florida an Grönland, Island und Schottland vorbei bis nach Skandinavien. Der Golfstrom ist Europas Fernwärmeheizung. Im Norden kühlt das Wasser ab, sinkt vor der norwegischen Küste in die Tiefe und strömt dann zurück Richtung Äquator. Die Wärmeleistung dieser Strömung beträgt 1,3 Petawatt, das entspricht der Leistung von einer Million Atomkraftwerken. Ab und zu aber fällt die Heizung aus.

Atmo:

AWI: Reißverschluss, dann Schritte, Tür öffnen, Lüftungsgeräusche

Maria Hörhold:

Jetzt suchen wir mal für Sie ne passende Jacke raus und ne passende Hose, weil man das tatsächlich nicht lange aushält bei minus 20 Grad in normaler Kleidung. Daunenjacken, Daunenhosen, Fleecejacke. Warme Schuhe ist mit das wichtigste.

Sprecherin:

Alfred Wegener Institut Bremerhaven

Maria Hörhold:

Das sind dieselben Klamotten, die man auch in Grönland trägt. Hat ja ähnliche Temperaturen zum Arbeiten.

Sprecherin:

Wer den Zusammenhang von Klimasprüngen und dem Golfstrom verstehen will, muss die Polarforscherin Maria Hörhold ins Eislabor begleiten. Denn hier wird ein weiteres Teil des Klimapuzzles zusammengesetzt – oder besser gesagt: zersägt. Eisbohrkerne. Stangen aus Eis und gefrorenem Schnee, so dick wie Kinderarme. Sie stammen aus Grönland. Maria Hörhold öffnet eine Styroporkiste und hebt einen Eisbohrkern auf die Werkbank.

Atmo:

Säge

Maria Hörhold:

Man kann an Eiskernen tatsächlich Atmosphäre aus vergangenen Zeiten analysieren, das macht Eis auch so einzigartig als Klimaarchiv, im Gegensatz zu Sedimenten oder Baumringen.

Sprecherin:

Denn in den Eisstangen sind Luftblasen eingeschlossen. Sie konservieren den Kohlendioxidgehalt vergangener Jahrtausende. Ein Schatz für die Paläoklimatologie. Auch die damaligen Temperaturen lassen sich aus den Eiskernen ableiten, mit denselben Methoden wie aus den Sedimenten der Binnenseen.

Sprecher:

Der Eispanzer über Grönland ist 3.000 Meter dick, drei Kilometer Eis. Polarforscher aus aller Welt haben ihn bis zum Felsgrund durchbohrt und Meter für Meter Eisproben hervorgeholt. Mehrere Jahre lang dauert so eine Expedition, gearbeitet wird nur in den Sommermonaten, wenn es hell ist.

Maria Hörhold:

Eine weiße Fläche, keine anderen Geräusche drumherum außer Wind, nichts was das Auge stört, außer das Camp. Das ist toll. Das heißt, nach Feierabend sind die Leute noch ne Runde laufen gegangen oder haben Langlauf gemacht, um was anderes zu machen als immer nur in der Kälte stehen und arbeiten.

Sprecherin:

Die Eisbohrkerne lagern heute tiefgekühlt in Forschungsinstituten weltweit. Während die Sedimente aus Binnenseen wie dem Steißlinger See 25.000 Jahre Klimageschichte dokumentieren, zeugen Grönlands Eisbohrkerne von 120.000 Jahren und mehr. Das ist der Zeitraum der letzten Eiszeit, in der auch Skandinavien und Nordamerika von gewaltigen Eispanzern überdeckt waren. Als die Ergebnisse der Grönlandexpedition veröffentlicht wurden, erlebte die Fachwelt eine Überraschung. Klimasprünge waren während der Eiszeit nicht die Ausnahme, sondern die Regel.

Stefan Rahmstorf:

Man hat in den grönländischen Eisbohrkernen entdeckt, dass es sprunghafte Temperaturänderungen um mehrere Grad, wahrscheinlich zehn Grad etwa gegeben hat. Innerhalb eines Jahrzehnts vielleicht sogar wenige Jahre. Und das war natürlich eine Sensation, weil es schwer vorstellbar ist, wie so etwas passieren kann. Was ist der Mechanismus dahinter?

Sprecherin:

Stefan Rahmstorf leitet die Abteilung für Erdsystemanalyse am Potsdam Institut für Klimafolgenforschung. Er simuliert das globale Klimageschehen am Computer. Dafür verwenden die Forscher Klimamodelle, die das Zusammenspiel von Ozeanen, Luft und Eis nachbilden. Um zuverlässige Prognosen zu erstellen, testen sie ihre Modelle an den Daten der Vergangenheit. Die Simulationen zeigen, dass die rätselhaften Klimasprünge Europas mit dem Golfstrom zusammenhängen. Was genau ist damals passiert?

Sprecher:

Der Golfstrom wird von Dichteunterschieden des Meerwassers angetrieben: Kaltes Wasser ist dichter als warmes und sinkt im Norden in die Tiefe. Auch der Salzgehalt beeinflusst den Kreislauf: Salzwasser ist dichter als Süßwasser. Wenn große Mengen Schmelzwasser in den Nordatlantik fließen, wird das Meerwasser weniger salzhaltig, also süßer. Süßes Wasser ist leichter und bleibt eher an der Oberfläche – die Zirkulation des Golfstroms wird dadurch gebremst.

Sprecherin:

Die Forscher simulierten zunächst eine Kaltzeit, in der der Golfstrom nur bis nach Island reichte. Europas Heizung war ausgeschaltet. Dann änderten sie am Computer die Salzkonzentration des nördlichen Atlantiks. Und plötzlich sprang die Heizung wieder an.

Stefan Rahmstorf:

Das ist eben so ein typischer Kipppunkt, bei dessen Überschreiten dann auf einmal die Wassersäule im Nordmeer instabil wird, und das wird dann so ein selbstverstärkender Prozess, der zu einem starken Schub des Golfstromsystems führt, das sich dann weiter nach Norden vordringt und damit auch die Erwärmung über Grönland, wo wir die Eisbohrkerndaten haben, erklärt.

Sprecherin:

Der Nordatlantik hat zwei stabile Zustände. Entweder die Golfstrom-Heizung funktioniert gut. Oder eben nicht. Während der letzten Eiszeit – zwischen 120.000 und 12.000 Jahren vor heute – konnten schon kleine Umweltveränderungen den Schalter auslösen.

Stefan Rahmstorf:

Das ist so etwas Ähnliches wie bei einem Kajak. Wenn man sich da ein bisschen zur Seite lehnt, dann bleibt zunächst einmal alles stabil und es bewegt sich nur ein bisschen zur Seite. Aber irgendwo gibt es den Punkt, da kippt es plötzlich um und das Ding wird instabil.

Sprecherin:

Die Klimasprünge in Europa wurden also durch einen Kipppunkt im Golfstrom ausgelöst, und dieses Umschalten wird von Salz- und Temperaturänderungen des Meerwassers beeinflusst. Aber was verursacht die Salz- und Temperaturänderungen?

Sprecher:

Nordamerika war während der letzten Eiszeit von einem riesigen Eisschild bedeckt. Die Eisbohrkerne aus Grönland zeigen, dass der Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre schwankte und damit auch die Lufttemperatur. Bei ansteigenden Temperaturen begann der Eispanzer über Nordamerika zu schmelzen und große Mengen Süßwasser flossen in den Golfstrom südwestlich von Grönland. Sie verdünnten das Meerwasser und verringerten die Salzkonzentration.

Sprecherin:

Der Golfstrom geriet ins Stocken, das Nordmeer kühlte sich ab. Island und Großbritannien wurden von Eis umschlossen, in Europa sanken die Temperaturen. Bis an die Südspitze Englands war der Atlantik zugefroren. Dieses Szenario stimmt mit dem überein, was Achim Brauer an Seebohrkernen im Meerfelder Maar gefunden hat, einem Vulkansee in der Eifel.

Achim Brauer:

Das führt dazu, dass wir im Meerfelder Maar bei den herrschenden Westwinden natürlich nicht mehr soviel Feuchtigkeit hatten, das heißt, es ist trockener geworden. Weil diese Winde eben über dem gefrorenen Atlantik keine Feuchtigkeit mehr aufnehmen konnten.

Sprecher:

Mit einem neuen Klimamodell hat Gerrit Lohmann vom Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven das An- und Abschwellen des Golfstroms simuliert. Demnach wird der Golfstrom nicht nur durch Schmelzwasser im Nordatlantik gebremst. Es gibt noch einen zweiten Effekt: In der Karibik, wo der Golfstrom seinen Ursprung hat, verdunstet Meerwasser durch die globale Erwärmung und wird von den Passatwinden über Mittelamerika hinweg in den Pazifik transportiert. Das zurückbleibende Wasser im Atlantik ist salziger und damit dichter, es sinkt ab und bremst die Atlantikzirkulation.

Sprecherin:

Viele Fragen sind aber noch offen. Die komplexe Physik des Golfstroms treibt die Wissenschaftler an ihre Grenzen. Wenn man Gerrit Lohmann bittet, den Golfstrom einmal als Persönlichkeit zu beschreiben, muss er nicht lange nachdenken.

Gerrit Lohmann:

Der Golfstrom ist eine recht empfindliche Person. Hat auch schizophrene Züge. Kann auch ärgerlich sein. Wir können durch relativ kleine Änderung diese Person so ärgern, dass sie so ärgerlich wird, dass sie sich verkriecht. Insofern hat das auch einen depressiven Charakter. Und sehr sensibel.

Sprecher:

Auch die heutige globale Erwärmung lässt Grönlands Eismassen abschmelzen, daran gibt es keinen Zweifel. Die große Frage ist, ob das Schmelzwasser ausreicht, die Golfstrom-Heizung erneut auszuschalten. So wie es 26 Mal während der letzten Eiszeit geschehen ist, also zwischen 120.000 und 12.000 Jahren vor heute. Die heutige Situation ist jedoch insofern anders, als Nordamerika nicht mehr von Eis bedeckt ist. Soviel Schmelzwasser wie am Ende der Eiszeit kann gar nicht mehr in so kurzer Zeit in den Nordatlantik fließen. Aber womöglich reicht schon das Schmelzwasser Grönlands, um den Golfstrom zu ärgern. Hollywood hat das Szenario in dem Katastrophenfilm *The day after tomorrow* schon durchgespielt.

Audio-Ausschnitt aus Filmtrailer „The day after tomorrow“:

- Wir sind da auf eine ungewöhnliche Sache gestoßen. Ungewöhnlich und beunruhigend. Wissen Sie noch, was Sie neulich über das Schmelzen der Pole gesagt haben, und dass das das Ende des Golfstroms bedeuten könnte?
- Ja.
- Ich glaube, es ist so weit. Die Regierung muss sofort weitreichende Vorkehrungen treffen.
- Sie stützen sich nur auf eine Theorie.
- Es regnet inzwischen schon seit drei Tagen so.
- Mr Vice President, wenn wir jetzt nicht handeln, ist es zu spät.

Sprecherin:

The day after tomorrow kam 2004 ins Kino. Im selben Jahr verankerte ein Forschungsteam des heutigen Max-Planck-Direktors Jochem Marotzke 20 Sensoren im Atlantik.

Jochem Marotzke:

Die sind mit einem schweren Gewicht am Boden des Meeres verankert, also in 5.000 Metern Tiefe, und dann mit Auftriebskörpern halten wir diese ganze lange Leine aufrecht stehend im Wasser, und in diese Leine sind dann Messinstrumente eingehängt. Diese Messinstrumente vermessen kontinuierlich Temperatur und Salzgehalt und daraus können wir dann die Zirkulation berechnen.

Sprecherin:

Endlich war es möglich, die Launen des Golfstroms direkt zu beobachten.

Jochem Marotzke:

Das erste, was wir feststellten, nachdem wir die Messungen fürs erste Jahr zurückholten – das hat mich umgehauen – ist, wie variabel diese Zirkulation ist. Von einem Zehntageszeitraum zum anderen, von einem Monat zum anderen, also eine viel schnellere Schwankung als man je für möglich gehalten hatte. Und dann hat man irgendwann gesehen, dass unter diesen Schwankungen tatsächlich ein Trend da ist: Die Zirkulation hat sich über zehn Jahre etwas abgeschwächt. Ob das bedeutet, wir sehen möglicherweise die Auswirkungen des menschengemachten Klimawandels oder ob wir dort einfach nur langfristige Schwankungen sehen und es wird sich irgendwann wieder umdrehen, das können wir nicht sagen. Nicht nach heutigem Wissen.

Sprecher:

Die Computersimulationen sagen allerdings übereinstimmend voraus, dass der Golfstrom mit zunehmender Erwärmung schwächer wird, und zwar je nach Klimamodell zwischen 10 und 50 Prozent bis zum Jahr 2100. Das ist das worst case Szenario, in dem die Treibhausgasemissionen weiter steigen wie bisher. Für Europa ergibt sich daraus eine paradoxe Situation. Einerseits steigen die Temperaturen auch hierzulande aufgrund der globalen Erwärmung. Andererseits erwartet man eine Abkühlung durch den schwächeren Golfstrom.

Jochem Marotzke:

Also die Angst, die ja auch in Emmerichs Film *The Day After Tomorrow*, wenn man will, ausgenutzt wurde, dass wir eine plötzliche Abkühlung in Europa bekommen könnten als Folge der globalen Erwärmung – damit das passieren kann, müsste ja diese regionale Abkühlung die generelle globale Erwärmung überholen, sie müsste schneller und stärker sein.

Sprecherin:

Und hier schließt sich der Kreis zu den Kippunkten.

Jochem Marotzke:

Die Frage, ob die Atlantikzirkulation sich abrupt ändern kann oder nicht, ist insofern sehr wichtig. Denn wenn sie sich abrupt ändern kann, könnten wir tatsächlich eine Nettoabkühlung in Europa bekommen. Wenn sie sich aber nur graduell ändern kann, dann wird die globale Erwärmung etwas abgeschwächt. Wir kriegen also, wenn man so will, eine Dämpfung der globalen Erwärmung in Europa, was möglicherweise sogar hilfreich ist.

Sprecherin:

Wenn die Golfstrom-Heizung langsam abgeregelt wird, kommt Nordeuropa womöglich glimpflich davon. Wenn die Heizung dagegen plötzlich ausgeschaltet wird, droht ein Kälteschock. Die Klimamodelle sind noch zu ungenau, um den Kippunkt des Golfstroms präzise vorherzusagen. Doch selbst, wenn sie es könnten, dies ist ein gefährliches Gedankenexperiment, meint der Klimafolgenforscher Stefan Rahmstorf vom Potsdam-Institut. Auf eine Abkühlung Europas zu spekulieren, ist nicht nur egoistisch, sondern ignoriert auch das Risiko des ansteigenden Meeresspiegels.

Stefan Rahmstorf:

Beim Übergang von der letzten Eiszeit ins Holozän, so zwischen 15.000 bis 5.000 Jahre vor heute, ist der globale Meeresspiegel um 120 Meter angestiegen, weil so viel Kontinentaleis abgeschmolzen ist. Heute haben wir noch genug Kontinentaleis, um den globalen Meeresspiegel weitere 65 Meter ansteigen zu lassen.

Sprecherin:

Das meiste Kontinentaleis überdeckt die Antarktis. Doch allein das im Grönlandeis gefrorene Wasser würde ausreichen, den Meeresspiegel um sechs Meter zu erhöhen.

Stefan Rahmstorf:

Am Ende der Eiszeit war das natürlich kein Problem, wenn der Meeresspiegel ansteigt. Aber für die Menschheit heute mit ihren ganzen Städten an der Küste wäre das eine Katastrophe, wenn der Meeresspiegel auch nur wenige Meter ansteigt.

Atmo:

Gespräche auf dem Floß

Sprecherin:

Am Steißlinger See ist es Abend geworden. Sechs Meter tief sind die Klimaforscher an diesem Tag in den See vorgestoßen. Sie heben die Bohrkerne ins Schlauchboot und fahren zurück ans Ufer. Nachschub für das große Klimapuzzle. Achim Brauer erforscht die Klimageschichte inzwischen seit einem Vierteljahrhundert.

Achim Brauer:

Man lernt eben, dass es tatsächlich auch in der Natur sehr starke Veränderungen gibt und dass wir nicht davon ausgehen können, uns eine Natur zu schaffen, die stabil ist in unserem Sinne. Das heißt, wenn wir denken, wir möchten es immer so haben, wie es jetzt gerade ist, dann ist das eigentlich ein Fehlkonzept.

Sprecherin:

Die letzten zehntausend, einigermaßen „stabilen“ Jahre waren vielleicht mehr die Ausnahme als die Regel. Das Klima verändert sich auch ohne Autoabgase und die CO₂-Emissionen von Kohlekraftwerken. Ist Klimapolitik deshalb Zeitverschwendung? Wer diese Schlussfolgerung zieht, hat den Forscher falsch verstanden.

Achim Brauer:

Es gilt, die Eingriffe des Menschen möglichst zu minimieren. Weil wir sehen, wie empfindlich das System ist. Und wir wissen auch, dass Störungen nicht dazu beitragen zu einer Stabilisierung. Die Klimapolitik, denke ich mal, ist da auf dem richtigen Weg.

Sprecherin:

In 50.000 Jahren steht eigentlich die nächste Eiszeit an, verursacht durch eine veränderte Stellung der Erde zur Sonne. Durch die globale Erwärmung könnte der Mensch diese Eiszeit verhindern. Eigentlich eine gute Nachricht. Aber erst für unsere Nachkommen in 1.600 Generationen.

* * * * *