

SWR2 Wissen

Wetter- und Klimamodelle – Wie zuverlässig sind ihre Vorhersagen?

Von Dirk Asendorpf

Sendung vom: Dienstag, 9. Mai 2023, 8.30 Uhr

Redaktion: Gabor Paal

Autorenproduktion

Produktion: SWR 2023

Wetter- und Klimaprognosen funktionieren zwar unterschiedlich – aber nähern sich immer mehr an. Mit welchen Tricks die Vorhersagen immer besser werden.

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.

SWR2 können Sie auch im **SWR2 Webradio** unter www.SWR2.de und auf Mobilgeräten in der **SWR2 App** hören – oder als **Podcast** nachhören.

Die 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 mindestens 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

Atmo 1: Tagesschau „Und nun die Wettervorhersage für morgen, Freitag, den 21. April...“

Sprecher:

Der Wetterbericht sagt Temperatur, Sonnenstunden und Niederschläge der nächsten Tage voraus, auch für die kommenden Wochen und Monate gibt es inzwischen grobe Prognosen. Die Klimawissenschaft simuliert die globale Entwicklung noch viel weiter in die Zukunft, oft bis zum Jahr 2100, manchmal über Jahrtausende hinweg. Beide Wissenschaften versuchen, das chaotische Geschehen in der Atmosphäre mit Computermodellen nachzubilden. Dafür brauchen sie die leistungsstärksten Großrechenanlagen der Welt. Wie funktioniert das, wie zuverlässig ist es – und wie werden bessere Vorhersagen unseren Alltag verändern?

Ansage:

Wetter- und Klimamodelle – Wie zuverlässig sind ihre Vorhersagen? Von Dirk Asendorpf.

Atmo 2: Klimarechenzentrum, Piepsen, Tür geht auf, lautes Rauschen, darüber:

O-Ton 1 (Michael Böttinger, Deutsches Klimarechenzentrum):

Es ist eben nicht so, dass wir hier im Klimarechenzentrum auf dem Supercomputer eine Frage stellen und fopp ist die Antwort da.

Sprecher:

Levante, so heißt der Supercomputer, der am Deutschen Klimarechenzentrum in Hamburg eine ganze Hochhausetage füllt. Auf der Rangliste der weltweit leistungsstärksten Großrechner steht er auf Platz 53. Lange Reihen silberner Schränke.

O-Ton 2 (Michael Böttinger):

Mit ner blauen Lichtleiste, sieht sehr hübsch aus.

Sprecher:

Der Geophysiker Michael Böttinger ist für die optimale Auslastung des Rechenzentrums verantwortlich. 45 Millionen Euro hat es gekostet. Wenn die 370.000 Prozessoren auf Hochtouren laufen, verbrauchen sie so viel Strom wie eine Kleinstadt. Und auf Hochtouren ist der Großrechner rund um die Uhr. Trotzdem dauert es, bis er ein Ergebnis ausspuckt.

O-Ton 3 (Michael Böttinger), Schranktür klappert:

Je nachdem, was für ein Experiment wir rechnen, ist die Antwort vielleicht ein halbes Jahr später da. Allerdings erst als riesiger Datenberg, den ich dann noch ein halbes Jahr lang auswerten muss. Also das ist alles ein sehr, sehr aufwändiges Geschäft diese Klimasimulationen. Und ein Klimamodell, das hat ungefähr eine Million Zeilen Code.

Sprecher:

Solch ein Modell ist die Grundlage jedes Klimaszenarios und aller Wettervorhersagen.

Atmo 3: Gewitter, darüber:**Sprecher:**

Wie eine zarte Haut spannt sich die Atmosphäre um die Erdkugel. Schon in 20 Kilometern Höhe endet die Troposphäre. In ihr spielt sich praktisch das gesamte Wettergeschehen ab. Angetrieben wird es von der Sonnenstrahlung. Sie liefert die Energie für den ewigen Kreislauf aus Verdunstung und Niederschlag, für Meeresströmungen, Wind, Wolken, Hoch- und Tiefdruckgebiete. Diese Wetterküche ist eine globale Veranstaltung. Voraussagen für Deutschland müssen auch Beobachtungen aus Nordamerika, der Arktis und Asien berücksichtigen. Bei Prognosen, die über zwei Tage hinausgehen, spielt sogar die Südhalbkugel eine Rolle.

Atmo 4: Wellen brechen sich, darüber:**Sprecher:**

Wer über eine Woche hinaus in die Zukunft gucken will, muss neben der Atmosphäre auch den Zustand der Ozeane in die Berechnung einbeziehen. Dafür arbeiten Wetterkunde und Klimawissenschaft zusammen. Bis vor wenigen Jahren waren das weitgehend getrennte Disziplinen. Während sich die eine mit konkreten Prognosen für das regionale Wetter der nächsten Tage befasste, ging es für die andere um globale Entwicklungen in Jahrzehnten oder Jahrhunderten. Doch inzwischen verschwimmt die Grenze zwischen Klimaszenario und Wetterprognose.

O-Ton 4 (Johanna Bähr, Klimawissenschaftlerin Uni Hamburg):

Wir waren hier in Hamburg eine der ersten Gruppen, die tatsächlich aus der Klimavorhersage-Richtung kam und nicht mehr gesagt hat, wir machen das jetzt für 100 Jahre, sondern wir machen das mit den Methoden, die wir benutzen, jetzt nur noch für wenige Monate oder sogar Wochen. Da tummeln sich inzwischen ähnlich viele Leute, die entweder lange Wettervorhersagen oder kurze Klimavorhersagen machen. Also da nähern sich Forschungs-Communities an, die dann ihre jeweiligen Methoden mitbringen oder die Art und Weise, wie man das betrachten kann.

Sprecher:

Die Ozeanographin Johanna Bähr arbeitet am Institut für Meereskunde der Universität Hamburg. Zusammen mit Kollegen des benachbarten Max-Planck-Instituts für Meteorologie und des Deutschen Wetterdienstes in Offenbach hat sie das sogenannte ICON-Modell entwickelt, die Grundlage aller Wettervorhersagen in Deutschland und Europa. Es teilt die gesamte Erdoberfläche in drei Millionen Dreiecke auf. Die Atmosphäre über jedem Dreieck wird wiederum in 90 Schichten unterteilt. Daraus ergibt sich ein dreidimensionales Gitter mit 265 Millionen Segmenten. Für jedes einzelne wird ein Wert für Temperatur, Windrichtung, Windstärke, Luftdruck und Luftfeuchte in die Modellrechnung eingespeist. Im besten Fall sind das exakte Messwerte, die von einer Wetterstation, einem Satelliten, einem Höhenballon oder einer Messboje übermittelt worden sind. In den meisten Fällen

müssen die Anfangswerte allerdings geschätzt werden. Dann berechnen die Computer die Wechselwirkung zwischen den Segmenten. Frühere Modelle funktionierten grundsätzlich ähnlich – nur mit viel weniger Segmenten. Denn die große Herausforderung ist: die Zeit. Das Wetter entwickelt sich ja ständig weiter. Die Berechnung muss also deutlich schneller ablaufen als das tatsächliche Wettergeschehen – sonst nützt sie nichts.

O-Ton 5 (Henning Weber, DWD):

Wir haben eigentlich seit Anbeginn der numerischen Wettervorhersage beim Deutschen Wetterdienst, das war 1966, da wurde das erste Mal mit dem Computer gerechnet, da haben wir immer das gleiche Problem: Wir haben nur eine begrenzte Zeit zur Verfügung, um unsere Rechnung zu machen. In der Regel nehmen wir uns ein bis zwei Stunden für eine Modellvorhersage.

Sprecher:

Henning Weber leitet das Rechenzentrum des Deutschen Wetterdienstes in Offenbach. Sein Rechnerpark ist ähnlich groß wie der in Hamburg. Und wie in Hamburg wird auch er alle fünf bis sechs Jahre durch einen noch leistungsfähigeren Supercomputer ersetzt.

O-Ton 6 (Henning Weber, DWD):

Jedes Mal, wenn es diesen Sprung in der Rechenleistung gab, waren wir auch in der Lage, in der Modellierung mehr reinzupacken. Das ist dann zum Beispiel höhere Auflösung, dass man die Anzahl der Schichten erhöht, dass man vielleicht die Erdboden-Schichten hinzufügt, dass man oben in der Höhe noch mehr Schichten hat. Ich hab neulich mal geschaut, welchen Faktor wir denn seit 1966 überhaupt erreicht haben. Es ist fast eine Milliarde, die unser Rechner heute schneller ist als das allererste Modell von 1966, das der Deutsche Wetterdienst damals gekauft hatte.

Sprecher:

Weltweit sind nur ein gutes Dutzend staatliche Wetterdienste in Nordamerika, Ostasien und Europa in der Lage, globale Modelle zu berechnen. In den vergangenen 50 Jahren hat sich ihre Vorhersagegenauigkeit pro Jahrzehnt um etwa einen Tag verbessert; heute ist die Prognose für die kommenden vier Tage so zuverlässig wie es die 24-Stunden-Vorhersage vor 30 Jahren war. Gleichzeitig sind wir von präzisen Vorhersagen immer abhängiger geworden. 80 Prozent der Weltwirtschaft werden vom Wetter beeinflusst. Land-, Forst- und Energiewirtschaft, Güter- und Personenverkehr, Katastrophenschutz und Tourismus. Börsenmakler wollen auf die kommende Ernte spekulieren, die Versicherungswirtschaft will die Kosten bevorstehender Unwetter einschätzen, die Stromnetzbetreiber brauchen verlässliche Informationen über die Einspeisung, die sie in den nächsten Tagen von Windparks und Solaranlagen erwarten können, Bauunternehmen wollen ihr Personal je nach Wetterlage effizient einsetzen. Und eine Open-Air-Theateraufführung soll nicht ins Wasser fallen.

Atmo 5: Theater, Schauspieler schreit: „Die Sonne will heut nicht scheinen“, Musik, darüber:

Sprecher:

Seit 1995 verlegt die Bremer Shakespeare Company ihre Spielstätte jeden Sommer für eine Woche auf eine idyllische Parkwiese. Für Renate Heitmann, die Geschäftsführerin der Theatertruppe, beginnt der Arbeitstag dann dem bangeren Blick auf die Wetterapp ihres Smartphones. Gibt es Dauerregen, Sturm oder Gewitter?

O-Ton 7 (Renate Heitmann, Shakespeare Company):

Wir merken auch, dass das Publikum durchaus mit diesen Elementen spielen mag, und die Kollegen auch. Alle gucken Wetter, jeder im Publikum hat seine Wetter-App.

Sprecher:

Während Heitmann vor 20 Jahren noch fast jede zweite Aufführung wegen unsicherer Wetterlage absagen musste, kommt das heute fast gar nicht mehr vor. Denn selbst wenn es am Nachmittag noch regnet, vertraut das Publikum doch darauf, dass es – wie in der App vorhergesagt – am Abend tatsächlich trocken bleibt. Für die nächsten ein bis zwei Stunden haben Wetterapps inzwischen eine sehr zuverlässige Antwort auf diese Frage. Dahinter steht kein großes vom Computer berechnetes Wettermodell, sondern die direkte Beobachtung mit Satelliten und einem über ganz Deutschland verteilten Radarmessnetz. Von Rostock bis Memmingen liefern 17 Beobachtungstürme eine Momentaufnahme der Wolken und Niederschläge.

O-Ton 8 (Henning Weber):

Ein Niederschlagsgebiet, das ich im Radar sehe, das wird natürlich verfrachtet, das zieht weiter. Und da kann man ganz präzise Vorhersagen machen. Aber je weiter ich das versuche, dieses Niederschlagsbild aus dem Radar zu extrapolieren, desto falscher wird es natürlich. Und das hat seine Grenze dann wirklich in dem Bereich, wo ich anderthalb, zwei Stunden vorausschaue, da kann einfach die Änderung der Windrichtung schon zu einem ganz anderen Ergebnis führen.

Sprecher:

Deshalb kann das Wetter in sechs Stunden besser vorhergesagt werden als das in drei. Denn hinter der Zwei-Stunden-Prognose, dem sogenannten Nowcasting, klafft eine mehrstündige Vorhersagelücke. Das globale Wettermodell steht nämlich erst nach vier bis sechs Stunden zur Verfügung. So viel Zeit benötigt das Einsammeln aller Messdaten und deren Verarbeitung im ICON-Modell. Doch diese Lücke will der DWD bald schließen, sagt Henning Weber.

O-Ton 9 (Henning Weber):

Wir werden von einem dreistündigen Takt für die Rechnung der Wettervorhersage auf dem Supercomputer auf eine einstündige Vorhersage gehen. Vielleicht werden wir sogar unter die eine Stunde runtergehen müssen. Wir nennen das hier den Rapid Update Cycle, dass wir also ganz schnell immer wieder neu rechnen.

Sprecher:

Damit die Vorhersage für jede Region in Deutschland möglichst präzise ist, arbeitet der DWD mit einer erhöhten Auflösung. Konkret bedeutet das: Für Europa verwendet es doppelt so viele Dreieck-Segmente wie das normale ICON-Modell, für Deutschland sogar sechsmal so viele. Die Prognosepunkte sind dann nur noch gute

zwei Kilometer voneinander entfernt. So kann das Modell sogar kleine Gewitterzellen berücksichtigen. Das Ergebnis ist eine Sieben-Tage-Vorhersage. Sie ist die Grundlage aller Wetterberichte – egal ob sie im Fernsehen und Hörfunk gesendet, in Zeitungen gedruckt oder über Websites und Smartphone-Apps online veröffentlicht werden. Wettervorhersagen, die über sieben Tage hinaus reichen, beruhen auf einem anderen Modell. Es stammt entweder vom US-amerikanischen Wetterdienst oder vom europäischen Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage im englischen Reading. Beide bieten eine grobe Vorausschau auf die kommenden zwei Wochen. Dann enden alle tagesgenauen Vorhersagen und es beginnt das Feld der Monats- und Langfristprognosen. Das europäische Zentrum erstellt sie für die kommenden sechs Wochen. Der DWD veröffentlicht seit 2016 zusätzlich eine saisonale und seit 2020 auch eine Klimavorhersage für das nächste Jahrzehnt. Angegeben werden dabei nur grobe Durchschnittswerte für Temperatur und Niederschlagsmenge im Vergleich zum langjährigen Mittel. Andreas Paxian ist in der Offenbacher Behörde dafür zuständig.

O-Ton 10 (Andreas Paxian, DWD):

Wenn wir mal einen Blick in den Sommer wagen, sehen wir für Juni bis August, dass wir eher im wärmeren Bereich liegen im Vergleich zum Zeitraum 1991 bis 2020. Wir sehen, dass es im Norden und Westdeutschland eher eine leichte Tendenz nur ist von 33 bis 45 Prozent für die wärmere Kategorie. Aber im Süden und in Ostdeutschland sehen wir eine Wahrscheinlichkeit von 55 bis 70 Prozent.

Sprecher:

Von einer zuverlässigen Prognose sind die Saisonvorhersagen noch weit entfernt. Trotzdem gibt es zahlreiche Interessenten für die Daten des Wetterdienstes.

O-Ton 11 (Andreas Paxian, DWD):

Wir arbeiten schon seit mehreren Jahren mit Nutzern zusammen, vor allem Nutzer aus der Wasserwirtschaft, aus der Energiewirtschaft und im Bereich der Forstwirtschaft haben wir auch Kontakt mit Kollegen, die dann wissen wollen, wie stürmisch ist ein Winter, um zu wissen wie viel Aktivitäten müssen Sie für Aufräumarbeiten einplanen und eben die Dürre, um zu wissen, wann sie neue Bäume setzen können.

Sprecher:

Zu den Pioniernutzern gehören auch die Harzwasserwerke. In Niedersachsen betreiben sie 60 Talsperren und müssen darauf achten, dass der Wasserstand für eine zuverlässige Trinkwasserversorgung und Stromerzeugung stets hoch genug ist, hinter den Staumauern aber trotzdem ausreichend Platz bleibt, um auch bei tagelangem Dauerregen ein Überlaufen zu verhindern.

O-Ton 12 (Marie Kleine, Harzwasserwerke):

Wir haben für jede Talsperre einen Betriebsplan in Abstimmung mit unserer Talsperren-Aufsicht. Und die müssen dann immer genau festlegen, wie viel, wann wir in den Unterlauf der Talsperren abgeben, wie viel, wann zu welcher Jahreszeit ein angemessener Talsperren-Füllstand ist.

Sprecher:

Marie Kleine ist die Sprecherin der Harzwasserwerke. Das Unternehmen nutzt die Saisonvorhersagen seit 2018.

O-Ton 13 (Marie Kleine, Harzwasserwerke):

Als wir gestartet sind mit der ganzen Frage: können wir überhaupt Langfristprognosen nutzen für uns? war das auch bei uns im Haus eine große Diskussion. Und da haben wir dann tatsächlich über die Jahre jetzt beobachtet, dass die Vorhersagen insgesamt in ihrer Allgemeinheit gut waren, sicherlich nicht so genau, wie man sich das immer wünschen würde. Aber es ist halt auch sehr, sehr schwierig, Niederschläge korrekt vorherzusagen.

Atmo 6: Shakespeare im Park, Komödie der Irrungen:

Ich bin auf dieser Welt ein Wassertropfen, der einen anderen Tropfen sucht im Meer (Trommeln)

Darüber Sprecher:

Für die Terminfindung eines Open-Air-Festivals wäre es natürlich schön zu wissen, welche Sommerwoche das beste Wetter bringen wird. Auch für die Urlaubsplanung hätte man gerne schon im Februar eine Antwort auf die Frage, ob der August an der Ostsee verregnet oder sonnig wird. Doch das wird die Klimawissenschaft wohl auch in Zukunft nicht bieten können, meint Johanna Bähr, die das ICON-Modell mitentwickelt hat.

O-Ton 14 (Johanna Bähr):

Wenn ich bei sechs Monaten im Voraus bin, dann werde ich nicht eine Aussage über eine Woche machen können, sondern dann werde ich sagen können: In acht Wochen, die da sind, ist die Wahrscheinlichkeit für eine Hitzeperiode oder die Wahrscheinlichkeit für insgesamt vergleichsweise kalte Wochen, da werde ich eine Wahrscheinlichkeit angeben können. Nun buchen aber die meisten Leute nicht acht Wochen Urlaub. Und insofern glaube ich, für die Urlaubsbuchung werden unsere Vorhersagen wahrscheinlich nie gut genug. Für allerdings die Organisation von Tourismus, auf welche Sachen man besonders vorbereitet sein muss, die Art Aussagen werden wir treffen können.

Sprecher:

In Australien, Südamerika oder dem südlichen Afrika gibt es schon seit 20 Jahren Saisonvorhersagen. Sie haben eine deutlich bessere Qualität als in Europa, denn das tropische Wetter hängt stark von der gut zu messenden Temperaturschwankung des Pazifiks ab, dem sogenannten El-Niño-Phänomen.

O-Ton 15 (Johanna Bähr):

Das ist tatsächlich in unseren Breiten anders. Vielleicht kommt was aus dem Atlantik, vielleicht kommt was aus der Arktis, vielleicht zieht was aus Sibirien rüber, vielleicht kommt was aus der Stratosphäre. Das sind eben sehr, sehr unterschiedliche Faktoren, die da eine Rolle spielen.

Sprecher:

Deshalb nutzen deutsche Landwirte die Saisonvorhersagen bisher nicht. In den Tropen ist das anders. Zum Beispiel in Mosambik. Das südost-afrikanische Land liegt am Indischen Ozean. Selbst dort sind die Auswirkungen des pazifischen El-Niño-Phänomens noch spürbar und müssen bei mittelfristigen Prognosen einbezogen werden. Und die sind dort besonders wertvoll.

O-Ton 16 (Moisés Vicente Nenessene)**Overvoice:**

In unserer Region hängt die Landwirtschaft fundamental vom Regenfall ab. Deshalb sind die Voraussagen über das Wetter so wichtig, vor allem in der Zeit der Aussaat.

Sprecher:

Sagt Moisés Vicente Nenessene vom nationalen Wetterdienst in Mosambiks zweitgrößter Stadt Beira. Immer wieder erlebt die Region Jahre extremer Dürre oder aber sintflutartiger Überschwemmungen. Schon vor 20 Jahren hat Nenessene damit begonnen, Landwirten die Bedeutung der Saisonvorhersagen zu erklären.

O-Ton 17 (Moisés Vicente Nenessene)**Overvoice:**

Die Bauern wollen gerne wissen, wann wo und was sie am besten aussäen. Unsere Vorhersagen verstehen sie allerdings oft falsch. Wenn wir die Wahrscheinlichkeit einer stärkeren Regenzeit mit 60 Prozent angeben, dann gehen sie einfach davon aus, dass es viel regnen wird.

Sprecher:

Dabei sind 60 Prozent noch weit von einer sicheren Prognose entfernt. In Bauernversammlungen rät Nenessene in diesem Fall dazu, auf 60 Prozent der Flächen wasserliebender Pflanzen anzubauen, die anderen 40 Prozent aber sicherheitshalber für dürreresistente Pflanzen zu nutzen. Auch in Deutschland interpretieren viele Menschen Regenvorhersagen falsch. Wird die Regenwahrscheinlichkeit für morgen mit 80 Prozent angegeben, dann glauben viele, dass es Dauerregen geben wird. Dabei handelt es sich bei den 80 Prozent nur um die Wahrscheinlichkeit, dass es überhaupt regnen wird. Ob nur eine Minute oder den ganzen Tag, darüber sagt die 24-Stunden-Regenwahrscheinlichkeit nichts aus.

Atmo 7: Gewitter, darüber:**Sprecher:**

Kein Wetter- oder Klimamodell kann das Geschehen in der Atmosphäre 100-prozentig nachbilden. Zwar gehorcht die Wetterküche klaren physikalischen und chemischen Gesetzen. Doch gleichzeitig ist sie auch ein chaotisches System. Der oft zitierte Schmetterling, der mit seinem Flügelschlag am Amazonas angeblich einen Orkan in Europa auslösen kann, ist zwar ein populärwissenschaftlicher Mythos, niemand hat diesen Schmetterlingseffekt je beobachtet. Es war immer nur ein zugespitztes Bild, das verdeutlichen sollte, dass sich im Wettergeschehen kleine Abweichungen in den Anfangsmessungen nach wenigen Stunden zu großen

Veränderungen aufschaukeln können. Meteorologen begegnen diesem Umstand mit sogenannten Ensemble-Prognosen. Sie lassen ihre Modelle nicht nur einmal, sondern mit leicht veränderten Anfangswerten bis zu 40-mal rechnen. Daraus ergibt sich dann eine Bandbreite möglicher Vorhersagen, im Wetterbericht oft als blasse Fahne über und unter der Linie für die vorhergesagte Temperatur, Niederschlagsmenge oder Windstärke dargestellt. Bei Saisonvorhersagen wird diese Fahne besonders breit. Trotzdem hat sich der DWD entschieden, die Berechnungen zu veröffentlichen, die Zuverlässigkeit wird auf der Website mit einer Ampel verdeutlicht.

O-Ton 18 (Andreas Paxian):

Das ist natürlich eine Gratwanderung. Weil zum einen wollen wir nicht zu viel versprechen, aber zum anderen wollen wir uns jetzt auch nicht hinstellen und sagen wir wissen gar nichts. Wir erleben von den Nutzern schon ein sehr großes Interesse. Das heißt, die wollen die Daten auf jeden Fall. Ich muss die eher bremsen und immer sagen: Achtung, bitte nicht zu viel Vertrauen haben, wir müssen den Mittelweg gemeinsam finden.

Sprecher:

Ob ein Wetterbericht gestimmt hat oder nicht, lässt sich mit einem Blick in den Himmel schnell beurteilen. Auch Saisonvorhersagen können nach Monaten an der Wirklichkeit gemessen werden. Das Vertrauen in Klimaszenarien, die für die nächsten Jahrzehnte höhere Temperaturen, eine Zunahme von Extremwetterereignissen, Überflutungen und Dürren vorhersagen, muss anders hergestellt werden. Zwar rechnet die Klimawissenschaft ebenfalls mit Modellen der Atmosphäre, zum Beispiel auch mit dem ICON-Modell. Aber kann das auch unter ganz anderen klimatischen Bedingungen zu richtigen Ergebnissen führen?

O-Ton 19 (Georg Feulner, PIK):

Um das sicherzustellen, haben wir eigentlich nur eine Möglichkeit, nämlich in die Erdgeschichte zu blicken und mit den gleichen Modellen, die wir für Zukunftsprojektionen verwenden, eben auch andere Klimazustände zu modellieren. Kühlere Zustände wie den Höhepunkt der letzten Eiszeit zum Beispiel vor rund 20.000 Jahren, aber eben auch wärmere Klimazustände. Und dann eben mit Rekonstruktionen des Klimazustands zu vergleichen, um zu sehen, ob unsere Modelle das gut abbilden können.

Sprecher:

Sagt der Paläoklimatologe Georg Feulner von Potsdam Institut für Klimafolgenforschung PIK. Doch dieses sogenannte Hindcasting hat Grenzen.

O-Ton 20 (Georg Feulner):

Wir können nicht alle meteorologischen Variablen rekonstruieren. Aber wir haben schon eine relativ gute Vorstellung, sagen wir über die letzten 500 Millionen Jahre, wie sich das Klima entwickelt hat. Und in diesem Zeitraum sehen wir zum Beispiel auch einen guten Zusammenhang zwischen den CO₂-Konzentrationen in der Erdatmosphäre und den Temperaturen auf der Erde.

Atmo 8: Schritte im Gang, darüber:

Sprecher:

Für das Verständnis des heutigen Klimawandels ist das Eozän eine besonders interessante Epoche. Denn auch damals, vor rund 55 Millionen Jahren, erlebte die Erde einen rapiden Temperaturanstieg.

Atmo 8 kurz hoch, Tür der Kühlhalle öffnet sich, darüber:**Sprecher:**

Der Beleg dafür lagert hier, im gut gekühlten Bohrkernlager des Marum Forschungsinstituts in Bremen. Die Geologin Ulla Röhl öffnet eine der 250.000 Sedimentproben, die dort in anderthalb Meter langen Plastikbehältern aufbewahrt werden.

O-Ton 21 (Ulla Röhl):

Im unteren Bereich sieht man hellbraune bis beige Ablagerungen. Die bestehen vor allem aus Schalen von Mikrofossilien verschiedenster Art. Und plötzlich diesen Materialwechsel. Hier ist es abrupt warm geworden.

Sprecher:

Der Bohrkern stammt aus dem Boden des Polarmeers, nur 250 Kilometer vom Nordpol entfernt.

O-Ton 22 (Ulla Röhl):

Und da hat man also sehr hohe Temperaturen, also über 25 Grad für diese Zeit rekonstruiert. Es sollen auch Krokodile dort gelebt haben, also ein durchweg tropischer Bereich.

Sprecher:

25 Grad am Nordpol! Rund tausend Jahre hat der abrupte Wechsel vom Eismeer zum tropischen Ozean damals gedauert, angetrieben von der Freisetzung riesiger Mengen des Treibhausgases Methan aus aufgetauten Permafrostböden. Und das ist nur eins von vielen Beispielen aus der Erdgeschichte, aus denen die Forschung Schlüsse für die Gegenwart zieht. Heute steigt der Anteil von Treibhausgasen in der Atmosphäre sogar noch schneller als damals, seit Beginn der Industrialisierung um rund 50 Prozent. Und selbst wenn sich alle Staaten an die Pariser Klimaschutzvereinbarung halten, wird sich dieser Anstieg in den nächsten Jahrzehnten fortsetzen. Doch wie genau sich eine Verdoppelung des Treibhausgasanteils auf die globale Durchschnittstemperatur auswirken wird – die Wissenschaft spricht von Klimasensitivität –, das ist umstritten.

O-Ton 23 (Georg Feulner, PIK):

Da spielen Rückkopplungen im Erdsystem eine wichtige Rolle über Wasserdampf, über Wolken, also Effekte, die entweder die ursprüngliche Erwärmung verstärken oder abschwächen. Diese Effekte verstehen wir nicht im Detail, so dass wir immer noch in der Situation sind, dass wir sagen können: Die Klimasensitivität ist in etwa drei Grad, aber mit einer gewissen Unsicherheitsspanne.

Atmo 9: Regen prasselt, darüber:

Sprecher:

Wolken sind die große Unbekannte der Klimaforschung. Sie bedecken zwar zwei Drittel der Erde, doch wenn man die gesamte in ihnen enthaltene Feuchtigkeit auf der Erdoberfläche verteilen würde, wäre der Wasserfilm nur ein Fünftel Millimeter dick. Trotzdem kann ein Wolkenbruch in kurzer Zeit große Überschwemmungen auslösen – wenn Wolken sehr hoch werden und die Luftzirkulation in Unwettern das Wasser ständig nachfüllt. Wolken können sowohl zur Aufheizung als auch zur Kühlung der Erde beitragen. Mit ihrer weißen Oberfläche reflektieren sie Sonnenlicht, gleichzeitig verhindern sie, dass Wärmestrahlung vom Boden ins All entweicht. Welcher Effekt überwiegt, hängt davon ab, in welcher Höhe sich die Wolken bilden und wie groß die Tropfen sind, aus denen sie bestehen.

Atmo 9: Regen prasselt, darüber:**Sprecher:**

Wie Wolken die Klimasensitivität beeinflussen, über diese Frage streiten die Fachleute. Während das Hamburger Max-Planck-Institut davon ausgeht, dass der Gesamteffekt der Wolken gegen Null gehen wird, sieht das Potsdam Institut eher eine beschleunigte Aufheizung durch den Verlust von Wolken. Damit würde das Klimasystem der Erde schneller auf sogenannte Kipppunkte zusteuern. Der Physiker Nico Wunderling erforscht sie am PIK mit sogenannten Risikomodellen.

O-Ton 24 (Nico Wunderling):

Nehmen wir mal das Grönland-Eisschild. Zwei bis drei Kilometer ist das Grönland-Eisschild dick. Und wenn man da jetzt signifikant was abschmilzt, dann wird ja sozusagen die Oberflächentemperatur auch immer wärmer, einfach weil der Berg nicht mehr so hoch ist. Und bei diesen Rückkopplungsmechanismus bilde ich mit meinen sehr einfachen Modellen ab.

Sprecher:

Je mehr Eis schon geschmolzen ist, desto schneller schmilzt auch der Rest. Ist solch ein Kipppunkt erst einmal erreicht, bleibt er auch nicht ohne Folgen für die anderen Kipppunkte des globalen Klimas.

O-Ton 25 (Nico Wunderling):

Wenn ich auf der Erde ein großes System wie zum Beispiel Grönland stark verändere, dann ist das ja nicht isoliert auf dem Erdball, sondern das beeinflusst dann auch andere Regionen, zum Beispiel Ozeanströmungen. Das heißt, wenn man einen Dominostein umkippt, dann kann es passieren, dass andere eben auch umfallen. Und eine Erkenntnis, die wir da gefunden haben, ist, dass das westantarktische Eisschild und Grönland die Initiatoren, also die Start-Dominosteine sind. Also Kippkaskaden starten von den Eisschilden und gehen dann über die Ozeanströmungen teilweise bis zum Amazonas Regenwald.

Musik, darüber:

Sprecher:

Es ist ein erschreckendes Bild, das die Großrechner der Klimaforschung von unserer Zukunft entwerfen. Ist es nicht furchtbar frustrierend, sich täglich damit zu befassen?
Nico Wunderling meint: nein.

O-Ton 26 (Nico Wunderling):

Es wirkt manchmal so, als wäre alles verloren. Aber das ist auf gar keinen Fall so. Und jedes Zehntelgrad, was wir verhindern, lohnt sich, um Klimakipp-Risiken zu verhindern und ehrlich gesagt auch wirtschaftlich, um neue Wirtschaftszweige zu entwickeln. Man muss es aber eben anpacken. Und dann liegt es jetzt eben einfach an uns.

Abspann:

SWR2 Wissen (mit Musikbett)

Sprecher:

Wetter- und Klimamodelle – Wie zuverlässig sind ihre Vorhersagen? Autor und Sprecher: Dirk Asendorpf, Redaktion: Gábor Paál.
