

Zwischen Mathematik und Wahrsagerei

Wie der Klimawandel berechenbar(er) wird

Dass sich das weltweite Klima verändert, ist unter Wissenschaftlern weitgehend Konsens. Genaue Prognosen, welche regionalen Folgen der Wandel haben wird, sind dagegen extrem schwierig. Supercomputer wie „Hermit“ am Höchstleistungsrechenzentrum der Universität Stuttgart (HLRS) helfen, die wahrscheinlichsten Modelle zu berechnen.

Würde Dr. Hans-Jürgen Panitz die Berechnung eines Klimamodells in diesem Moment auf einem modernen PC starten, hätte er plötzlich viel Wartezeit vor sich. Nur einen Kaffee trinken zu gehen oder einen Moment Luft zu schnappen, würde nicht reichen. Der Wissenschaftler vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) könnte sich sogar sehr viel vornehmen, denn der Rechner würde erst um das Jahr 2033 ein Ergebnis anzeigen – wenn seine Bauteile so lange durchhielten.

Panitz lässt deshalb mit dem Höchstleistungsrechner „Hermit“ am HLRS rechnen. Damit lässt sich diese Zeit drastisch verkürzen. „Hermit rechnet 10.000 Mal so schnell wie ein normaler PC“, erklärt HLRS-Direktor Prof. Michael Resch. Die Berechnung von Klimamodellen bildet nach den Ingenieurwissenschaften einen zweiten Schwerpunkt beim Betrieb des mit 110.000 Prozessoren ausgestatteten Supercomputers, zu etwa 20 Prozent, schätzt Resch, lasten Klimaforscher den Rechner aus. Eine heute gestartete vollständige Klimamodellberechnung würde etwa die Hälfte der Rechnerleistung „Hermits“ binden und mehrere Monate dauern.

Um zu erklären, warum ein Klimamodell einem Rechner so viel abfordert, muss Hans-Jürgen Panitz erst einmal tief Luft holen. „Das Klimasystem ist hochkomplex“, sagt er. Es bestehe nicht nur aus Atmosphäre, sondern auch aus Biosphäre und den

Gewässersystemen, der Hydrosphäre. Jede unterliege anderen Zeitskalen. „Die Atmosphäre reagiert relativ schnell, im Bereich von Tagen; bei den Ozeanen reden wir dagegen von Dekaden bis hin zu Jahrtausenden.“ Zudem müsse die zu untersuchende Region dreidimensional betrachtet werden, nicht als Fläche. Für die Berechnung eines Klimamodells legen die Forscher daher über eine Region ein Gitter von typischerweise 200 Mal 200 Punkten horizontal und weiteren 50 Punkten in der Vertikalen. An jedem dieser zwei Millionen Gitterpunkte muss ein komplexes Gleichungssystem gelöst werden – nicht nur einmal, sondern üblicherweise in einem 100-Sekunden-Abstand für einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren.

Eine ungeheure Anzahl von Rechenschritten entsteht. Erst seit wenigen Jahren sind solche komplexen Berechnungen überhaupt möglich, und Panitz räumt ein, dass diese Modelle noch immer nicht sehr fein aufgelöst seien. Noch enger müssten die Gitter geknüpft werden, noch kürzer die zeitlichen Abstände gewählt werden, um etwa die möglichen Entwicklungen regional noch genauer darstellen zu können.

KLIMAWANDEL IM UNTERGRUND

Solch präzise Modelle würde sich auch Prof. András Bárdossy wünschen. Bárdossy und seine Kollegen am Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung an der Universität Stuttgart (IWS) erforschen in mehreren Projekten die Auswirkungen des Klimawandels auf unterschiedliche Bereiche des Wasserhaushalts.

Eine Untersuchung befasst sich mit möglichen Veränderungen am Bodensee. „Es geht dabei um die Durchmischung des Wassers“, erklärt Bárdossy. Dabei gelange mit Sauerstoff angereichertes Wasser beim Abkühlen in tiefere Schichten des Sees. Untersucht wird nun, ob diese für die



„Wettermacher“ in der CAVE des Höchstleistungsrechenzentrums: Die Darstellung zeigt die Kopplung unterschiedlich aufgelöster 3D-Wettersimulationsmodelle mit simultaner Visualisierung der Luftströmungen (rot/orange/gelb) im Umkreis der Galway Bay/Irland und der Wasserströmungen des Nordatlantiks. Weiß im Bild: Wolkenbildung.

Wasserqualität immens wichtige Durchmischung auch bei verändertem Klima weiter funktioniert. Diese Frage ist sehr bedeutend: Laut Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung beziehen vier Millionen Menschen ihr Trinkwasser aus dem „Schwäbischen Meer“.

Während sich Veränderungen im Bodensee vergleichsweise langsam vollziehen, bekommen die Menschen im Land andere Auswirkungen des Klimawandels unmittelbar zu spüren. „Die Erwärmung bringt uns ein Problem mit dem Schnee“, führt Professor Bárdossy ein weiteres Beispiel an. Klassischerweise liege der Schnee hierzulande im Dezember und Januar, mitunter auch deutlich länger. „Jetzt ist es häufig so, dass Schnee fällt, und nach einer Woche wird es wärmer, also schmilzt der Schnee wieder ab.“ Dann droht Hochwasser in den Flüssen. Besonders gefährlich seien Situationen, in denen es auf Schnee regne und ihn schlagartig abschmelze.

Solche Ereignisse, betont der promovierte Mathematiker, ließen sich nicht eindeutig dem Klimawandel zuschreiben. „Wir können lediglich eine Tendenz feststellen“, sagt Bárdossy. Eine solche Tendenz sei der Anstieg intensiver Niederschläge im Sommer. „Wir haben häufiger richtige Gewitterregen, die auf einer kleinen Skala riesige Probleme bringen“, sagt Bárdossy. Bei solchen Unwettern entstanden im vergangenen Sommer in Baden-Württemberg Schäden in Millionenhöhe. „Die Tendenz, dass

Kurzzeitniederschläge intensiver werden, ist ziemlich sicher“, sagt der Wissenschaftler. Zeitweilig extreme Niederschläge führen allerdings nicht erst in den Flüssen zu Problemen, sie beschäftigen beispielsweise auch Stadtplaner. So müssen bei der Planung neuer Siedlungen oder bei anstehenden Sanierungen von Abwasserleitungen höhere Spitzenlasten einkalkuliert werden. Schon heute würden Leitungen im Vergleich zur Vergangenheit eher etwas überdimensioniert, damit sie auch die Wassermengen eines ungewöhnlich hohen Niederschlags bewältigen können, bestätigt Bárdossy. Welche Maßnahmen dagegen in den kommenden Jahren und Jahrzehnten vordringlich sein werden, will auch der Experte nicht prognostizieren. „Das wäre Wahrsagerei“, sagt er. Bestehende Klimamodelle seien wie der tägliche Wetterbericht im Fernsehen bei den Niederschlägen am wenigsten genau. „Niederschlag ist eben ein sehr komplexer Prozess“, sagt Bárdossy. „Wenn Sie auf den Himmel schauen, dann sehen sie Wolken, und die sind alles, aber nicht gleichmäßig.“ Wichtig sei aber, die bestehenden Systeme gut zu kennen und sensible Punkte zu identifizieren. Schwerpunktmäßig will das Team um Bárdossy das Thema Kurzzeitniederschläge noch intensiver untersuchen. „Das ist ein sehr wichtiger Faktor, weil in Infrastrukturmaßnahmen sehr viel Geld vergraben wird.“

Jens Eber