



Wenn globale Klimamodelle einen Elefanten von einer großen Maus unterscheiden können

Autoren

Hohenegger, C.; Stevens, B.; Kornblueh, L.; Brueck, M.; Röber, N.

Abteilungen

Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg; Deutsches Klimarechenzentrum (Röber)

DOI

[10.17617/1.8D](https://doi.org/10.17617/1.8D)

Zusammenfassung

Um alle 2,5 Kilometer auf der Erde den Zustand der Atmosphäre mit einem Klimamodell nachzurechnen, braucht es 83 Millionen Punkte. Nur so, und im Gegensatz zu gängigen Klimamodellen, die mit einer typischen Auflösung von rund 100 Kilometer arbeiten, lässt sich die Vielfalt der Wolken und ihre einzigartigen Formen, die manchmal an einen Elefanten, manchmal an eine große Maus erinnern, wiedergeben. Sind aber so viele Details nötig? Die Autoren präsentieren die Ergebnisse einer internationalen Vergleichsstudie, in der zum ersten Mal acht solcher neuartigen Klimamodelle gerechnet wurden.

“Schau da, diese Wolke am Himmel, die sieht wie ein Elefant aus!” “Nee, der Rüssel ist zu kurz, für mich sieht es eher nach einer großen Maus aus.” Wolken beflügeln unsere Fantasie. Sei es liegend im Gras und in den Himmels schauend oder aus der Weltallperspektive, Wolken erscheinen in allerlei Formen und können wunderschöne Muster bilden. Aber ist es wichtig, ob eine Wolke eher wie ein Elefant oder wie eine große Maus aussieht? Und ist es relevant, ob sich die Elefanten brav in einer Linie organisieren oder eher willkürlich am Himmel verteilen?

Um das Klimasystem besser zu verstehen, werden numerische Modelle benutzt. Solche Modelle versuchen, die Prozesse im Klimasystem mit Hilfe grundlegender physikalischen Gesetze nachzubilden. Gängige Klimamodelle, in denen der Zustand der Atmosphäre nur alle 100 Kilometer nachgerechnet wird, können wegen ihrer geringen Auflösung einen „Elefanten“ von einer „großen Maus“ nicht unterscheiden; solche Modelle lassen auch keine besondere Organisation der Elefanten zu, außer wenn das untersuchte Areal größer als die räumliche Auflösung der Modelle ist.

Mit der stetigen Zunahme an Rechenleistung und den technologischen Entwicklungen des High-Performance Computing ist es heutzutage aber möglich, den Zustand der Atmosphäre in kleineren Gitterabständen, sprich alle paar Kilometer, nachzurechnen. Mit solch hohen Auflösungen kann man nun sehr wohl einen Elefanten von einer großen Maus unterscheiden. Sie zeigen auch, wie sich Wolken in Linien, Kreisen oder auch einfach zufällig organisieren. Das Besondere ist, dass jetzt verschiedene Modellierungsgruppen in der Lage sind, den Zustand der Atmosphäre nicht nur regional, sondern auch über der gesamten Erde und über monatliche Zeitskalen mit einer räumlichen Auflösung im Kilometerbereich nachzurechnen. Dieses Kunststück wurde im Projekt DYAMOND, das von Bjorn Stevens geleitet wird, ermöglicht.

Eine technische Herausforderung

Das Akronym DYAMOND steht für "DYnamics of the Atmospheric general circulation Modeled On Non-hydrostatic Domains" und ist sehr passend, da für Klimaforscher solche Modellläufe so teuer und wertvoll wie Diamanten sind. Das Projekt ist ein riesiger Erfolg, an dem alle relevanten internationalen Modellierungsgruppen teilnehmen. Damit gibt es insgesamt acht Modelle aus Deutschland, Japan, Frankreich, Großbritannien und den Vereinigten Staaten von Amerika (letztere sind mit vier verschiedenen Modellen beteiligt). Das Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M) beteiligt sich mit seinem neuen Modell ICON, das mit einer Auflösung von 5 und 2,5 Kilometern rechnet. 2,5 Kilometer entsprechen rund 83 Millionen Punkten auf der Erde; das ist die höchste erreichte Auflösung im DYAMOND Projekt. Um die Simulationsperiode des Projektes von 40 Tagen durchzurechnen, wird fast eine Woche mit einem Viertel der Kapazität des Großrechners am Deutschen Klimarechnerzentrum (DKRZ) benötigt. Im Vergleich würde ein gängiges Klimamodell mit einer Auflösung von 160 Kilometern nur wenige Minuten benötigen. Eine Herausforderung ist nicht nur die Durchführung der Simulationen, sondern auch die Analyse der Daten. Die Datenmengen sind so groß, dass es schneller ist, die Daten von benachbarten Ländern physisch zum Rechenzentrum zu transportieren als sie online zu übertragen.

Unerwartete Ähnlichkeiten

Auch wenn die DYAMOND-Modelle einen Elefanten von einer großen Maus unterscheiden können, war vorher völlig unklar, ob die Elefanten beispielsweise im französischen Modell wie die im deutschen Modell aussehen würden. Der DYAMOND-Datensatz erlaubt uns zum ersten Mal, Ähnlichkeiten zwischen den Modellen sowie zwischen Modellen und Beobachtungen aufzudecken und so robusten Verhaltensmustern im Klimasystem auf die Spur zu kommen.

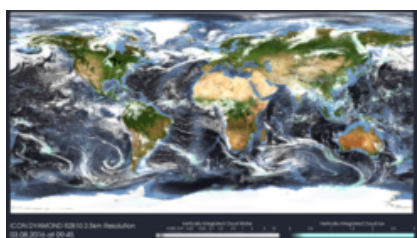


Abb. 1: Die Visualisierung zeigt mit Hilfe einer logarithmischen Farbskala die Variablen vertikal integriertes Wolkenwasser (weiß) und vertikal integriertes Wolkeneis (türkis).

© Deutsches Klimarechenzentrum

Als überraschend stellte sich heraus, dass die Modelle sehr ähnliche Klimastatistiken aufweisen, wie etwa für den global gemittelten Niederschlag oder die Temperatur. Dies war so nicht zu erwarten, da die Modelle vorher in solch einer Konfiguration noch nicht benutzt worden sind und gängige Klimamodelle stark angepasst werden müssen, um solche Kenngrößen richtig wiederzugeben. Ein typisches Problem gängiger Klimamodelle ist es, auch die Lage des Niederschlags in den Tropen richtig zu erfassen. Beispielsweise tendieren solche Modelle dazu, das Niederschlagsmaximum im August über den Atlantik nahe der brasilianischen anstatt nahe der afrikanischen Küste zu legen. Die DYAMOND-Modelle sind in dieser Hinsicht in besserem Einklang mit den Beobachtungen mit einem Niederschlagsmaximum, das je nach Modell zwischen der Mitte des tropischen Atlantiks bis hin zur afrikanischen Küste liegt.

Wolkenorganisation: Mehr als nur eine Augenweide?

Der Vergleich der Modellergebnisse ist nur ein erster Schritt. Der DYAMOND-Datensatz bietet Klimaforschern endlich die nötige Auflösung, um alte Klimarätsel zu beantworten. Eine solche Frage ist, wie wichtig Details im kleinen Maßstab für die großräumige Zirkulation der Atmosphäre sind. Macht es einen Unterschied, ob ein Elefant einen langen oder einen kurzen Rüssel hat, oder ob eine Gruppe von Elefanten zufällig oder in einer Linie organisiert ist?

In diesem Kontext wurde der Frage nachgegangen, ob die kleinräumige Organisation von Wolken wichtig für die in den Tropen produzierten Niederschlagsmengen ist. Die Vermutung war, dass mehr Organisation zu mehr Niederschlag führen sollte. Entgegen der Vermutung der Klimaforscher offenbarte die Analyse der ICON-Läufe einen umgekehrten Zusammenhang zwischen Niederschlag und Organisationsgrad: Es ist vielmehr so, dass es in Regionen mit einem erhöhten Organisationsgrad weniger regnet als anderswo!

Perspektive

Mit DYAMOND beginnt eine neue Ära in der Klimamodellierung, in der globale Simulationen auf der Kilometerskala mehr und mehr zum Alltagswerkzeug werden. Aber wie der Vergleich des Niederschlagsmaximums über dem tropischen Atlantik zeigt, bleiben einige Unstimmigkeiten im DYAMOND-Datensatz bestehen, auch wenn die höhere Auflösung viele Probleme löst. Vielleicht genügt es nicht, einen Elefanten von einer großen Maus zu unterscheiden, sondern man müsste auch noch die Elefantenhaare nachbilden, was mit einer Auflösung von 2,5 Kilometern unmöglich bleibt.