

## Von der Vergangenheit bis in die Zukunft: Neue Klimasimulationen für Wissenschaft und Gesellschaft

### „Zwei-Grad-Ziel könnte noch erreicht werden“

Wissenschaftler am Hamburger Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M) und am Deutschen Klimarechenzentrum (DKRZ) haben mit dem neuen Klimamodell des MPI-M berechnet, dass das Zwei-Grad-Ziel *doch noch* erreicht werden könnte. Die Voraussetzung dafür wäre allerdings eine umgehende und drastische Minderung der Kohlendioxidemissionen. In einem internationalen Modellvergleich haben die Forscher den komplexen Kohlenstoffkreislauf und die Vegetationsdynamik in die Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert integriert. Die Simulationen zeigen im Falle einer weiter ansteigenden CO<sub>2</sub>-Konzentration nicht nur einen deutlichen Temperaturanstieg, sondern auch eine erheblich schnellere Versauerung der Ozeane. Besonders betroffen davon sind Tiere, die Kalkschalen bilden. Erstmals wurden neben Langzeitprojektionen auch detaillierte Klimaprognosen für die kommenden zehn Jahre durchgeführt. Die neuen Klimasimulationen wurden auf dem Höchstleistungsrechner des DKRZ durchgeführt und beanspruchten dort etwa ein Viertel der Gesamtkapazität über einen Zeitraum von zwei Jahren.

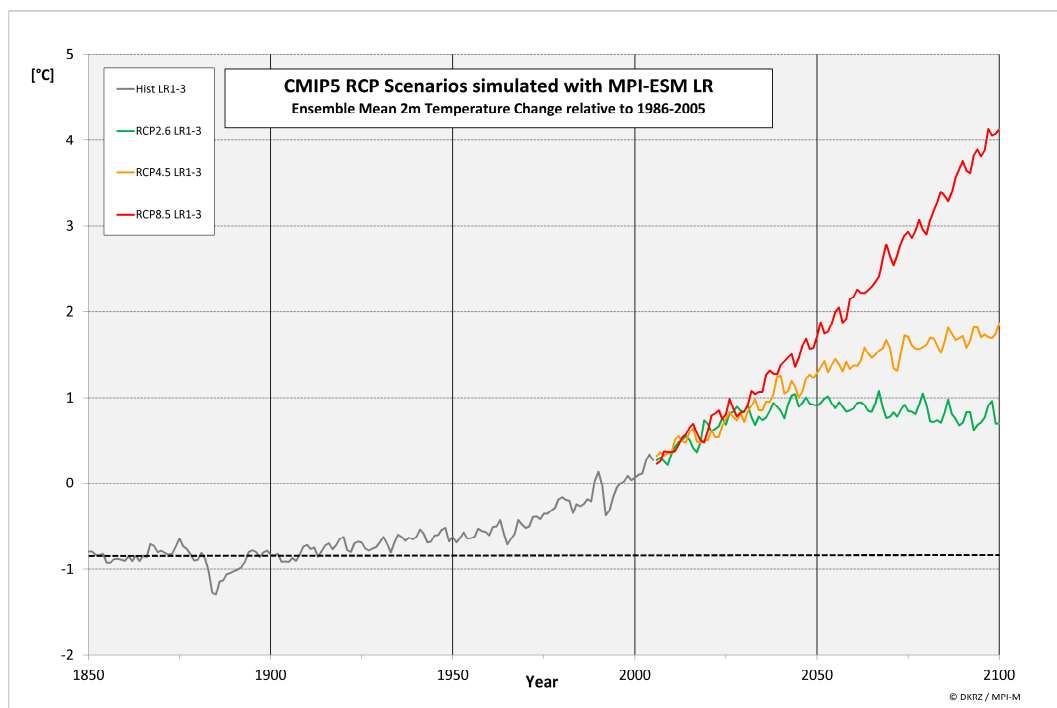


Abb.: Nach den neuen Berechnungen liegt die globale Erwärmung gegen Ende dieses Jahrhunderts (relativ zum vorindustriellen Wert von 1850) zwischen ca. 1.5°C und 4.8°C - je nachdem, wie viele Treibhausgase bis dahin in die Atmosphäre abgegeben werden.

**Das Modell:** Für die Rechnungen wurde das Erdsystemmodell MPI-ESM des MPI-M verwendet, bestehend aus dem globalen Atmosphärenmodell ECHAM6, dem Landvegetationsmodell JSBACH, dem globalen Ozeanmodell MPIOM sowie dem ozeanischen Biogeochemiemodell HAMOCC. Ozean- und Atmosphärenmodell werden mit dem OASIS3-Koppler gekoppelt. Neben dem hydrologischen Kreislauf enthält das MPI-ESM erstmalig auch den Kohlenstoffkreislauf.

Das Modell steht allen Klimaforschern zur Nutzung für eigene Forschungsfragen zur Verfügung:  
<http://www.mpimet.mpg.de/en/science/models.html>

Mit der Veröffentlichung der aktuellen Datensätze geben die Hamburger Klimaforscher den Startschuss für die Interpretation ihrer Berechnungen durch die weltweite Gemeinschaft der Klimaforscher. Zudem werden die Ergebnisse die Grundlage für gesellschaftspolitische Diskussionen über mögliche Klimafolgen und den daraus resultierenden Handlungsbedarf bilden. Die aktuellen Modellrechnungen sind Teil des „Coupled Model Intercomparison Project Phase 5“ (CMIP5) innerhalb des Weltklima-Forschungsprogramms (WCRP – World Climate Research Programme). Im Rahmen dieses Programms werden die koordinierten Berechnungen der zahlreichen globalen gekoppelten Klimamodelle weltweit miteinander verglichen. Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit mehr als 3 Mio. Euro gefördert.

**Die Simulationen**, die mit dem neu entwickelten Erdsystemmodell des MPI-M realisiert wurden, können folgendermaßen charakterisiert werden:

1. Rekonstruktion eines ‚ungestörten‘ vorindustriellen Klimazustands
2. Klimaentwicklung seit Mitte des 19. Jahrhunderts unter Vorgabe beobachteter atmosphärischer Spurenstoffkonzentrationen (anthropogene Treibhausgase und Aerosole, und externe Antriebe (Sonne, Vulkane))
3. Szenariexperimente zum Klimawandel basierend auf unterschiedlichen Annahmen über die zukünftigen Konzentrationen atmosphärischer Spurenstoffe (neue Szenarien-Generation der RCP – Representative Concentration Pathways)
4. Sensitivitätsexperimente, in denen eine jährliche Zuwachsrate der CO<sub>2</sub>-Konzentration von 1 % sowie auch eine abrupte Vervierfachung der CO<sub>2</sub>-Konzentration angenommen wird
5. Experimente mit „interaktivem“ Kohlenstoffkreislauf
6. Vorhersageexperimente über Dekaden (10 Jahre; „Nachhersage“ und Vorhersage)
7. Klimaexperimente für vergangene Klimate (sog. Paläo-Experimente, bis zu 1000 Jahre in die Vergangenheit „Millennium“)

*Download von den MPI-Webseiten:*

*Vortrag von Dr. Marco Giorgetta, Gruppenleiter „Klimamodellierung“, vom 23.02.2012*

**Erste Erkenntnisse:** Falls die CO<sub>2</sub>-Emissionen ungebremst weiter ansteigen, so wie im ungünstigsten Szenario angenommen, erwarten die Wissenschaftler eine Erwärmung um bis zu vier Grad im globalen Mittel bis zum Jahr 2100 (Abb.). Die Folgen wären sehr vielfältig. „Wir würden weltweit mehr, länger anhaltende und auch drastischere Hitzewellen haben“, so Jochem Marotzke, Direktor am MPI-M und stellvertretender Vorsitzender des Weltklima-Forschungsprogramms. „Unsere jetzt gerade fertig gestellten Rechnungen haben andererseits gezeigt, dass wir tatsächlich die Erwärmung im Laufe dieses Jahrhunderts auf unter zwei Grad begrenzen können. Allerdings erfordert das eine umgehende und drastische Minderung in den Kohlendioxidemissionen.“

Laut den aktuellen Berechnungen schmilzt das Sommereis der Arktis schneller als bisher vorhergesagt. Durch das Schmelzen der Eisflächen strahlt weniger Sonnenenergie in das Weltall zurück und erwärmt stattdessen zusätzlich den Ozean (Albedo-Effekt). Die Geschwindigkeit des Abschmelzens des Meereises hängt direkt mit der globalen Erwärmung zusammen. „Unsere Berechnungen stimmen jetzt deutlich besser als bisher mit den Beobachtungen des arktischen Meereises aus den letzten Jahrzehnten überein“, erklärt Dr. Johann Jungclaus, Ozean-Experte am MPI-M.

Den Klimawissenschaftlern am MPI-M ist es erstmals gelungen, die nordatlantische Meeresströmung genau vorauszuberechnen. Mit Hilfe von aktuellen Beobachtungsdaten ist es gelungen, einen konsistenten aktuellen Startzustand der Ozeanzirkulation zu bestimmen und in das Ozeanmodell einzubauen. Damit ist es nun möglich, Klima-anomalien für die nächsten fünf bis zehn Jahre vorherzusagen.

„Die aktuellen Berechnungen zeigen, dass der Ozean durch die CO<sub>2</sub>-Belastung bereits um etwa 30 % saurer gegenüber der Situation vor der Industrialisierung geworden ist. Wissenschaftler bezweifeln, dass viele Organismen sich an diese Änderung schnell genug anpassen können. Das betrifft besonders Kalk bildende Organismen wie Muscheln und Korallen“, so Jungclaus.

In den sogenannten Millenniums-Simulationen (Berechnungen über die letzten 1000 Jahre) haben die Hamburger Forscher festgestellt, dass der Mensch die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre bereits seit 1750 durch die Umwandlung von Wäldern in Ackerland beeinflusst hat. Die ersten Spuren des menschlichen Fußabdrucks im Kohlenstoffkreislauf wurden damit lange vor der industriellen Revolution und vor der Nutzung von fossilen Energieträgern wie Öl und Kohle sichtbar.

**Der Rechner:** Sämtliche Rechnungen wurden auf dem HLRE – dem „Höchstleistungsrechnersystem für die Erdsystemforschung“ des DKRZ durchgeführt. Etwa ein Viertel der gesamten Ressourcen des Systems war in den vergangenen beiden Jahren notwendig, um die Rechnungen fertig zu stellen. „Mit einer Rechenleistung von 158 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde haben unsere Wissenschaftler bei über 350 Klimaexperimenten insgesamt 13.000 Jahre Klimageschehen simuliert“, so Prof. Dr. Thomas Ludwig, Geschäftsführer des DKRZ. „Diese Rechenleistung entspricht etwa 30 Millionen Prozessorstunden herkömmlicher Computer.“

Die Modellergebnisse wurden in einer relationalen Datenbank gespeichert und stehen deutschen und internationalen Forschern zur weiteren Auswertung zur Verfügung. Die Daten werden vom World Data Center for Climate (WDCC) bereitgestellt.

Die Hamburger Klimaforscher waren Pioniere bei der Entwicklung eines der ersten dreidimensional auflösenden gekoppelten Atmosphären-Ozean-Modelle. Das Max-Planck-Institut für Meteorologie gehört weltweit zu den führenden Klimaforschungsinstituten und hat seit seiner Gründung 1975 viele wesentliche Beiträge zur Klimaforschung geleistet. Prof. Dr. Klaus Hasselmann, Gründungsdirektor des MPI-M, hat 1996 mit seinem Team erstmals den wissenschaftlichen Nachweis erbracht, dass die Erderwärmung mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 95 % auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen ist.

Um zu verstehen, wie der Mensch das Klima beeinflusst, wurde vor 30 Jahren das Weltklima-Forschungsprogramm durch die WMO (World Meteorological Organization), die Internationale Kommission für Ozeanographie und die Internationale Gemeinschaft von Wissenschaftlichen Vereinigungen gegründet. Ein ganz wesentlicher Teil des Weltklima-Forschungsprogramms beschäftigt sich mit der Klimamodellierung und damit einhergehenden Klimavorhersagen.

Die Ergebnisse der Hamburger Klimamodellrechnungen fließen 2013 in den Fünften Sachstandsbericht des Weltklimarats (IPCC) ein.

Weitere Hintergrundinformationen/Download Pressematerial: <http://www.aldebaran.org/mpi/>

#### **Kontakt:**

##### Max-Planck-Institut für Meteorologie

Prof. Dr. Jochem Marotzke  
Tel: 040 41173 311 (Sekretariat Kornelia Müller)  
E-Mail: jochem.marotzke@zmaw.de

Dr. Marco Giorgetta  
Tel: 040 41173 358  
E-Mail: marco.giorgetta@zmaw.de

Dr. Annette Kirk  
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
Tel: 040 41173 374 oder 387 (Christina Rieckers)  
E-Mail: annette.kirk@zmaw.de; christina.rieckers@zmaw.de

##### Deutsches Klimarechenzentrum

Prof. Dr. Thomas Ludwig  
Geschäftsführer  
Tel: 040 460094 276  
E-Mail: ludwig@dkrz.de

Michael Böttinger  
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
Visualisierungen und Animationen  
Tel: 040 460094 344 oder 332 (Jana Meyer)  
E-Mail: boettinger@dkrz.de; jana.meyer@dkrz.de