

Deutscher Wetterdienst



Annalen der Meteorologie

34

**4. Deutsche Klimatagung
vom 1. bis 3. Oktober 1997 in Frankfurt a. M.**

Langfristige Klimaänderungen durch den Anstieg der CO₂-Konzentration in einem gekoppelten Atmosphäre-Ozean-Modell

R. Voß¹⁾, U. Mikolajewicz²⁾ und U. Cubasch¹⁾

¹⁾ Deutsches Klimarechenzentrum, Hamburg

²⁾ Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg

1. Einleitung

Viele Modellstudien befassen sich mit den möglichen Auswirkungen eines zukünftigen Anstiegs der Treibhausgase auf das Klima. Bei den meisten Untersuchungen werden die Änderungen im Bereich bis zu 100 Jahren untersucht. Wir wissen aber, daß auch Auswirkungen auf längeren Zeitskalen u.a. durch die langen Anpassungszeiten des tiefen Ozeans (bis zu mehreren Jahrtausenden) zu erwarten sind. Das diese langfristigen Änderungen bedeutend sein können, zeigen Simulationen, die mit dem globalen Atmosphäre-Ozean Zirkulationsmodell ECHAM3/LSG durchgeführt wurden.

2. Das gekoppelte Modell

Das spektrale Zirkulationsmodell ECHAM3 mit einer Auflösung von T21 (5.6° im Gitterpunktraum) stellt die atmosphärische Komponente des gekoppelten Modells dar. Das Modell hat 19 Schichten. Die ozeanische Komponente, das "Large Scale Geostrophic Model" (LSG), hat 11 Schichten und eine horizontale Auflösung von 5.6°. Atmosphäre und Ozean sind periodisch synchron gekoppelt (Voss und Sausen, 1996). Bei der periodisch synchronen Kopplung wechseln Phasen synchroner Kopplung (15 Monate), in denen beide Submodelle quasi-simultan integriert werden, mit Phasen reiner Ozeansimulation (48 Monate) ab. Da das ECHAM3 über 90% der Rechenzeit des gekoppelten Modells benötigt, führt das zeitweise Abschalten des atmosphärischen Modells zu einer Reduzierung der Rechenzeit um mehr als 70% gegenüber dem rein synchron gekoppelten Modell. Tests haben gezeigt, daß durch dieses Verfahren der mittlere Zustand und ein Klimaänderungssignal zufriedenstellend wiedergegeben werden (Schiller et al., 1997; Voss et al., 1997).

3. Die Experimente

Mit dem gekoppelten Modell wurden zwei Experimente mit einem Anstieg der CO₂-Konzentration durchgeführt. Die CO₂-Konzentration folgt dem IPCC Szenarium A (Houghton et al., 1990) in einem Fall bis zur Verdoppelung nach 60 Jahren und im anderen Fall bis zur vierfachen heutigen CO₂-Konzentration nach 120 Jahren. Für die folgenden Jahre wurden die Konzentrationen konstant auf den zweifachen bzw. vierfachen Wert gehalten. Verglichen werden diese Läufe mit einem Lauf mit konstanter heutiger CO₂-Konzentration. Alle drei Experimente simulieren einen Zeitraum von 700 Jahren.

4. Die Klimaänderungen

Die Abbildung 1a zeigt die Änderung der global gemittelten bodennahen Lufttemperatur. Die stärkste Erwärmung zeigt sich in der Phase des CO₂-Anstiegs. Zur Zeit der Verdoppelung bzw. Vervielfachung beträgt die Erwärmung 1.4 K bzw. 3.8 K. Während der Folgezeit mit konstanter CO₂-Konzentration steigt die Temperatur in beiden Experimenten langsam weiter bis zu 2.5 K bzw. 4.9 K nach 700 Jahren. Dieser langsame Anstieg ist vor allem auf Anpassungsprozesse

des Ozeans zurückzuführen. Besonders der tiefe Ozean zeigt eine zeitverzögerte Reaktion. Erst in den Jahrhunderten nach dem CO_2 -Anstieg ist eine deutliche Erwärmung feststellbar. Diese zeitverzögerte Reaktion ist auch im Meeresspiegelanstieg durch thermische Expansion zu sehen (Abbildung 1b). Nach 700 Jahren erhöht sich der Meeresspiegel um 65 cm bzw. 135 cm. Besonders bemerkenswert sind aber die Anstiegsraten während des letzten Jahrhunderts mit 7 cm bzw. 14 cm, die zeigen, daß das Atmosphäre-Ozean-System seine Anpassung an die geänderten CO_2 -Konzentrationen nach 700 simulierten Jahren noch lange nicht abgeschlossen hat. Auch die Ozeanzirkulation unterliegt langfristigen Änderungen. So z.B. die Bildung von nordatlantischem Tiefenwasser während der Phase des CO_2 -Anstiegs deutlich reduziert (um 30% im Verdopplungsexperiment und um 50% im Vervielfachungslauf). In den folgenden Jahrhunderten zeigt sich besonders im CO_2 -Verdopplungslauf eine deutliche Erholung. Der Anfangszustand wird aber nach 700 Jahren nicht wieder erreicht.

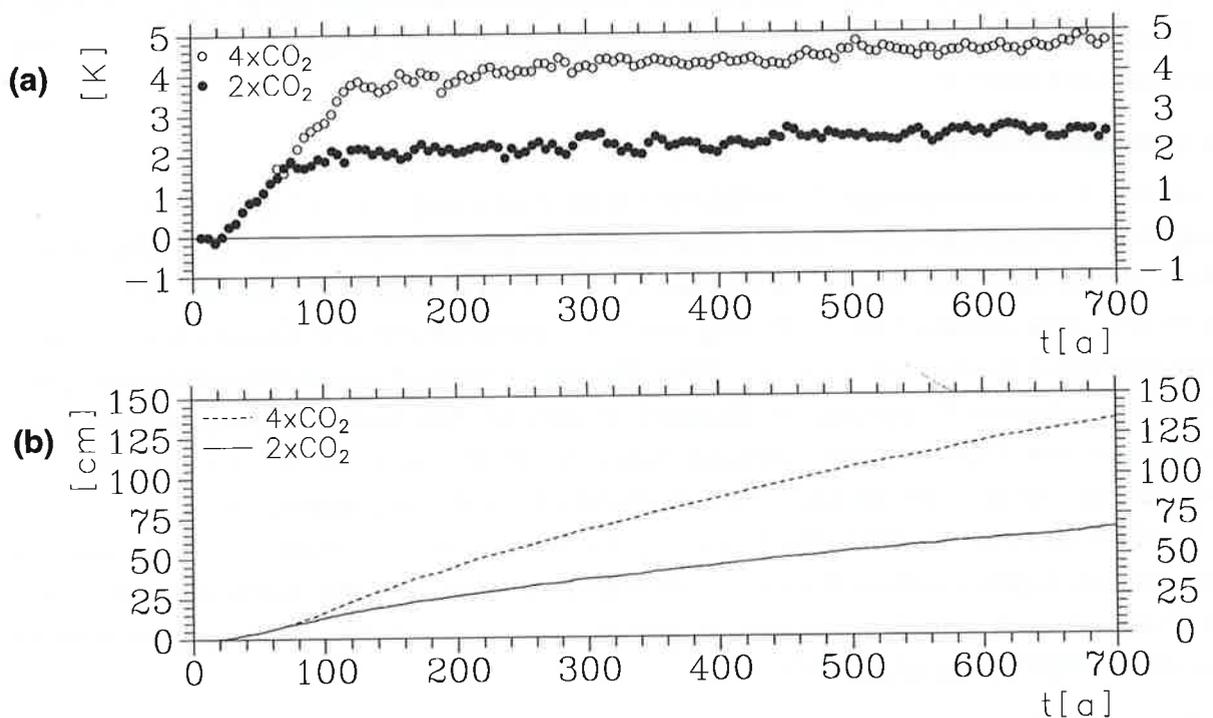


Abbildung 1: Global gemittelte Änderungen der bodennahen Lufttemperatur (a) und des Meeresspiegels durch thermische Expansion (b). Gezeigt sind jeweils die Abweichungen zum Kontrollexperiment mit konstanter heutiger CO_2 -Konzentration. In (a) sind die Mittel der letzten 12 Monate der synchron gekoppelten Phasen dargestellt.

Literatur

- Houghton J.T., G.J. Jenkins, J.J. Ephraums, (eds) ,1990: Climate change: The IPCC scientific assessment. Cambridge University Press, Cambridge
- Schiller A., U. Mikolajewicz und R. Voss, 1997: The stability of the North Atlantic thermohaline circulation in a coupled ocean-atmosphere general circulation model. Clim. Dyn., im Druck
- Voss, R., und R. Sausen, 1996: Techniques for asynchronous and periodically synchronous coupling of atmosphere and ocean models. Part II: The impact of the variability. Clim. Dyn., 12, 605-614.
- Voss, R., R. Sausen und U. Cubasch, 1997: Periodically synchronously coupled integrations with the atmosphere-ocean general circulation model ECHAM3/LSG. Report No. 229, Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg, Germany.