

**Deutscher Wetterdienst**



**Annalen der Meteorologie**

**34**

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

# Zur Rolle der Vegetation im globalen Klimasystem

Martin Claussen<sup>1,2</sup>, Victor Brovkin<sup>1</sup>, Andrey Ganopolski<sup>1</sup>,  
Claudia Kubatzki<sup>1</sup>, Valdimir Petukhov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam

<sup>2</sup>Institut für Meteorologie, Freie Universität Berlin

## 1. Einleitung

„Ja, man kann die Pflanzendecke das kristallisierte, sichtbar gewordene Klima nennen...“, schreibt Köppen (1936) in dem von ihm und Geiger herausgegebenen Handbuch der Klimatologie. Dieses Zitat scheint daraufhin zu deuten, dass die globale Vegetationsverteilung im Wesentlichen durch das Klima geprägt wird. Allerdings dürfte Wladimir Köppen bereits bekannt gewesen sein, dass die Pflanzen ihrerseits das Klima beeinflussen, so dass die räumliche Pflanzenverteilung als Produkt einer Wechselwirkung zwischen Pflanzen und Klima verstanden werden kann. Für das kleinräumige und regionale Klima ist dies gut dokumentiert (siehe z.B. Geiger, 1964). Neuere Modellstudien legen den Schluss nahe, dass die Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Pflanzen auch das globale Klima zu beeinflussen vermag.

## 2. Überblick über wichtige Ergebnisse

Die Verknüpfung eines Biom<sup>1</sup>-Modells mit einem Modell der globalen atmosphärischen Zirkulation (GCM) führt über die Parameter, die für die Parameterisierung der bodennahen Energie- und Impulsflüsse benötigt werden. Dies sind vor allem Albedo, Rauigkeitslänge, etc. Die Methode dieser Kopplung ist bei Henderson-Sellers (1993) und Claussen (1994, 1997) ausführlich beschrieben.

Als erstes Ergebnis der Modellrechnungen zeigte sich (Claussen, 1994), dass die Verknüpfung des Biom-Modells BIOME von Prentice et al. (1992) mit hamburger GCM ECHAM die Variabilität des simulierten Klimas nicht signifikant verändert. Ferner gelingt es, die globale Vegetationsverteilung im Großen und Ganzen realistisch wiederzugeben.

Besonders interessant ist, dass das System Atmosphäre-Vegetation intransitiv zu sein scheint. Zumindest liefert das ECHAM-BIOME-Modell je nach Anfangsverteilung der Biome zwei verschiedene Lösungen für das gegenwärtige Klima. Entscheidend hierbei ist die Anfangsvegetation in der südlichen Sahara und der Sahelzone. Wird dort als untere Randbedingung Wald, Grasland oder dunkler, kahler Boden vorgeschrieben, so liefert das ECHAM-BIOME-Modell ein im Vergleich zur Beobachtung humideres Klima insbesondere in Nordafrika und Zentralostasien. Damit verbunden verschiebt sich die Savanne insbesondere in der westlichen Sahara nach Norden. Wird hingegen in der südlichen Sahara, wie beobachtet, Sandwüste eingesetzt, so ergibt sich die heutige Vegetationsverteilung (Claussen, 1997). Diese Wechselwirkung zwischen Vegetation und der tropischen Zirkulation kann zum großen Teil mit Hilfe der Charneyschen Theorie der Wüstenbildung erklärt werden.

Ein ähnliches Stabilitätsverhalten zeigt das Atmosphäre-Biom-System für die Zeit des letzten glazialen Maximums (LGM) vor etwa 21000 Jahren (Kubatzki und Claussen, 1997). Für das mittlere Holozän hingegen liefert das ECHAM-BIOME-Modell nur eine Lösung: die zum Großteil mit Savanne und tropischen Gräsern bedeckte Sahara (Claussen und Gayler, 1997). Der Unterschied im Stabilitätsverhalten des Atmosphäre-Biom-System kann dadurch erklärt werden, dass sich während des mittleren Holozäns die Hadley-Walker-Zirkulation auf Grund der durch die Änderung der Erdbahnparameter hervorgerufenen stärkeren Erwärmung des Eurasischen Kontinents nach Westen

---

<sup>1</sup>Unter einem Biom wird ein Makroökosystem verstanden, das sich mit dem Klima im Gleichgewicht befindet. Biom-Modelle können also nicht die Migration und Sukzession von Pflanzengemeinschaften beschreiben.

verschiebt. Damit wird der Charneysche Prozess der Wüstenbildung instabil gegenüber kleinen Änderungen in der Albedo der Sahara. Dieser Effekt kann sehr anschaulich mit Hilfe eines am Potsdam-Institut entwickelten konzeptionellen Modells der Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und dynamischer subtropischer Vegetation interpretiert werden.

Die Modellergebnisse für das mittlere Holozän lassen noch eine weitere Interpretation zu: Der Klimawandel vom LGM hin zum mittleren Holozän kann in einem Modell nur dann realistisch beschrieben werden, wenn die Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Vegetation explizit dargestellt wird. Diese biogeophysikalische Wechselwirkung verstärkt offenbar den Klimawandel vom LGM zum Holozän.

Weitere Experimente mit gekoppelten Atmosphäre-Vegetation-Modell am Potsdam-Institut sowie am LMD in Frankreich (deNoblet et al., 1996) zeigen ferner, dass der Beginn der Inlandeisbildung vor etwa 115000 Jahren ebenfalls nur dann von einem GCM simuliert werden kann, wenn die Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Vegetation in die Simulation einbezogen wird. In diesem Fall führt die im Vergleich zur schneebedeckten Tundra geringere Albedo schneebedeckter Waldflächen zu einer Verstärkung der Abkühlung der hohen nördlichen Breiten sowie einem damit einhergehenden stärkeren Schneefall während des Frühlings.

### 3. Ausblick

Die hier vorgestellten Modellstudien belegen, dass die biogeophysikalische Wechselwirkung zwischen Vegetation und Atmosphäre das globale Klima maßgeblich beeinflusst haben muss. Ein Vergleich mit paläobotanischen Daten erhärtet diese Hypothese. Dennoch konnte die Rolle der Vegetation im Klimasystem nicht vollständig erkundet werden, da die biogeochemische Wechselwirkung, wie der Einfluss der Vegetation auf den Kohlenstoffkreislauf, noch nicht berücksichtigt wurde. Ebenfalls fehlt die Ankopplung des Atmosphäre-Vegetation-System an ein Ozeanmodell. Um diese Lücke zu füllen wird derzeit am Potsdam-Institut ein sogenanntes Klimasystemmodell entwickelt.

### Literatur

- Claussen M (1994) On coupling global biome models with climate models. *Clim. Res* , 4, 203-221.
- Claussen M (1997) Modeling biogeophysical feedback in the African and Indian Monsoon region. *Climate Dyn.*, 13, 247-257.
- Claussen M, Gayler V (1997) The greening of Sahara during the mid-Holocene: results of an interactive atmosphere - biome model. *Global Ecology and Biogeography Letters*, in press.
- Geiger R. (1964) Das Klima der bodennahen Luftschicht. Vieweg&Sohn, Braunschweig, 646 p.
- Henderson-Sellers A (1993) Continental vegetation as a dynamic component of global climate model: a preliminary assessment. *Climatic Change*, 23, 337-378
- Köppen W (1936) Das geographische System der Klimate. In: *Handbuch der Klimatologie*, (eds Köppen W, Geiger, R) Band 5, Teil C, Gebrüder Bornträger, Berlin.
- Kubatzki C, Claussen M (1997) Simulation of the global biogeophysical interactions during the Last Glacial Maximum. Submitted to *Climate Dyn.*
- deNoblet N, Prentice IC, Jousaume S, Texier D, Botta A, Haxeltine A (1996) Possible role of atmosphere-biosphere interactions in triggering the last glaciation. *GRL*, 23, No. 22, 3191-3194.
- Prentice IC, Cramer W, Harrison SP, Leemans R, Monserud RA, Solomon AM (1992) A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography*, 19, 117-134