

Forschungsthema des Monats Juni 2010



Thema 1: Gekoppelte regionale Klimamodelle

Untersuchungen zur Ausbreitung, Höhenverteilung und Partikelzusammensetzung der Vulkanaschewolke des isländischen Vulkans Eyjafjalajökul

- Im April und Mai 2010 hat die Aschewolke des isländischen Vulkans Eyjafjalajökul für gravierende Behinderungen des Flugverkehrs über Europa gesorgt. Um verlässliche Aussagen über die Konzentration der Aschepartikel treffen zu können, wurden von der GKSS Simulationen der Vulkanasche-Konzentration mit dem Modellsystem COSMO-CLM/CMAQ mit Messdaten verglichen und der Ausbreitungsvorgang der Wolke rekonstruiert. Hieraus konnten Volumina und Transportwege der Aschewolke rekonstruiert werden. Die Forscher deuten diesen Befund als Bekräftigung dafür, dass nur eine Kombination von Messungen und Simulationsrechnungen verlässliche Aussagen über die räumliche und zeitliche Dynamik sowie die Konzentration der Vulkanasche liefern können.
- In Zusammenarbeit vom KIT und dem DWD wurde das Modellsystem COSMO-ART in eine präoperationelle Version überführt, um zunächst die Ausbreitung der Vulkanwolke für einen Zeitraum bis zum 20.04.2010 nachzurechnen und dann die weitere Entwicklung im Abstand von 6 Stunden für die nachfolgenden Tage parallel zur täglichen Wettervorhersage vorauszuberechnen.
- Mit einem modifizierten Passagierflugzeug (Airbus A340-600) der Lufthansa wurde das Forschungslabor CARIBIC für einen Messflug im Luftraum zwischen Frankfurt und Skandinavien eingesetzt, um die genaue Höhenverteilung und Partikelzusammensetzung der Vulkanaschewolke in einer Höhe von 3 – 8 km zu vermessen. Das KIT betreibt fünf der fünfzehn eingebauten Messgeräte. Ergänzende bodengestützte Lidar-Messungen der vertikalen Aerosolverteilung in Garmisch-Partenkirchen und auf der Zugspitze, sowie Satellitenmessungen mit MIPAS auf dem europäischen Wettersatelliten ENVISAT lieferten weitere wichtige Daten zur Validierung der Modellsimulationen mit COSMO-ART.

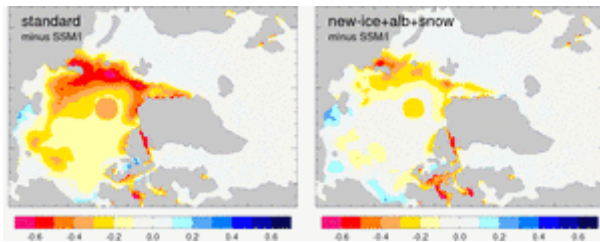


Abbildung 1: Mittlere Differenz der Meereiskonzentration im September zwischen Modellsimulationen des HIRHAM-NAOSIM und SSM/I-Satellitendaten für die Periode 1988-2000. Die Modellsimulationen wurden mit den Standardparametrisierungen (standard; links) bzw. den verbesserten Parametrisierungen für Eiswachstum, Albedo, und Schneebedeckung (new-ice+alb+snow; rechts) durchgeführt (aus Dorn et al., Ocean Modelling, 2009).

Simulationen des arktischen Klimas und von Landoberflächen- und Bodenprozessen in arktischen Permafrostregionen

- Die Simulation der arktischen Meereisbedeckung mit gekoppelten Atmosphäre-Ozean-Meereismodellen ist immer noch mit großen Unsicherheiten verbunden. Eine wesentliche Rolle scheint hierbei die unzureichende Berücksichtigung von Rückkopplungsprozessen zu spielen, die bei der interaktiven Kopplung von Atmosphärenmodell und Ozean-Meereismodell an Bedeutung gewinnen. Ein ganz wichtiger Prozess für den sommerlichen Eisrückgang ist die Eis-Albedo-Rückkopplung. Durch die Kombination verbesserter Parametrisierungen für das Eiswachstum, die Schnee- und Eisalbedo und die Schneebedeckung auf der Eisoberfläche konnte eine realistischere Darstellung dieses Rückkopplungsprozesses im gekoppelten regionalen Klimamodell HIRHAM-NAOSIM erreicht werden, wodurch die Simulation der sommerlichen Eisausdehnung deutlich verbessert wurde (siehe Abbildung 1).
- Ein weiterer großer Unsicherheitsfaktor bei der Simulation des arktischen Klimas besteht in der Wolkenbedeckung über dem arktischen Ozean. Für die Anpassung des prognostisch-statistischen Wolkenschemas im regionalen Klimamodell HIRHAM5 an arktische Bedingungen wurde vorab ein eindimensionales Säulenmodell des HIRHAM5 konzipiert, mit dem advective und lokale Änderungen getrennt bewertet werden können. Es zeigte sich, dass das prognostisch-statistische Wolkenschema wesentlich realistischer ist als Relative-Feuchte-Schemen. Ein Vergleich mit Beobachtungsdaten zeigte allerdings, dass das Modell die monatsgemittelte Gesamtwolkenbedeckung in der Arktis außer im September ganzjährig überschätzt. Sensitivitätsexperimente bezüglich der beiden Anpassungsparameter des Wolkenschemas zeigten keine wesentliche Verbesserung. Allerdings wurde ein Parameter innerhalb der Wolkenmikrophysik gefunden, mit dessen Hilfe die Wolkenbedeckung deutlich reduziert werden kann.

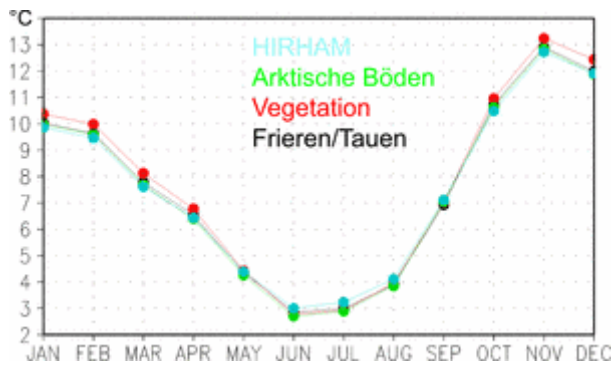


Abbildung 2: Jahresgang des Klimaänderungssignals der 2m-Lufttemperatur als Gebietsmittel über die Arktis. Die verschiedenen Farben beziehen sich auf unterschiedliche Modellkonfigurationen (siehe Text).

- Die Simulation von Landoberflächen- und Bodenprozessen in arktischen Permafrostregionen ist ein weiterer wichtiger Aspekt in der regionalen Klimamodellierung der Arktis. Um den Einfluss von Vegetationsbedeckung, Bodenparametern und Frieren/Tauen von Wasser im Boden untersuchen zu können, wurde das regionale Klimamodel HIRHAM mit dem Land Surface Model (LSM) vom NCAR gekoppelt. In einer Sensitivitätsstudie wurde untersucht, wie derartige Veränderungen im Boden und an der Landoberfläche die 2m-Lufttemperatur sowie den Bodenluftdruck beeinflussen. In vier verschiedenen Konfigurationen (HIRHAM: HIRHAM mit dem Bodenschema des ECHAM4, Frieren/Tauen: HIRHAM gekoppelt mit LSM, Vegetation: HIRHAM gekoppelt mit LSM mit veränderter Vegetation, arktische Böden: HIRHAM gekoppelt mit LSM mit einer besseren Repräsentation arktischer Böden) wurde das Klima-Modell für einen Kontrollzeitraum (1980-1999) sowie eine Zeitscheibe am Ende dieses Jahrhunderts (2080-2099) angewandt. Aus den Mitteln über beide Perioden wurde die Differenz gebildet, das sogenannte Klimaänderungssignal. Der größte direkte thermische Effekt (2m-Lufttemperaturen; siehe Abbildung 2) ergibt sich, wenn die Vegetation im Modell verändert wird (eine Verschiebung der Vegetation, wie sie entsprechend der Klimaprojektionen für das Ende dieses Jahrhunderts berechnet wird, wurde angenommen). Einen deutlich geringeren Einfluss auf die Lufttemperatur hat das Einfügen realistischer arktischer Böden in das Bodenmodell (etwa 2/3 kleinere Änderungen), ebenso wie das Einbeziehen von Frieren/Tauen von Wasser im Boden. Alle Sensitivitätsexperimente zeigen ähnlich große Signale im Luftdruck, was auf starke dynamische Rückkopplungseffekt mit der Atmosphäre rückschließen lässt. Dies demonstriert, dass Landoberflächen- und Bodenprozesse wichtige Faktoren für die Modellierung des Klimas sind, deren Effekt deutlich über lokale, direkte Einflüsse hinausgeht.
- Neben der Verbesserung von Prozessbeschreibungen und Anpassung von Parametrisierungen an arktische Klimabedingungen soll die Entwicklung eines modularen regionalen Erdsystemmodells (RESM) der Arktis mit Komponenten für Atmosphäre (HIRHAM), Ozean und Meereis (NAOSIM) und Permafrostböden (LSM) weitergeführt werden. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Leistungsfähigkeit eines RESM von einer realitätsnahen Darstellung von Rückkopplungsprozessen zwischen den einzelnen Modellkomponenten abhängt.