Inverse Modellierung zur Verbesserung von Wettervorhersagen und Klimaprojektionen



Researchers
J. Tödter and S. Kothe

Principal Investigator
Prof. Dr. Bodo Ahrens

Project Term
2011 - 2015

Project Areas
Atmospheric Science, Oceanography and Climate Research

Clusters
LOEWE CSC Cluster Frankfurt

Institute
Institut für Atmosphäre und Umwelt

University
Goethe Universität Frankfurt am Main

Introduction

Verlässliche Vorhersagen werden benötigt, um bessere Entscheidungen für zukünftiges Handeln treffen zu können. Ein wichtiges Beispiel sind Wetter- und Klimavorhersagen. Diese werden nicht nur im persönlichen Alltag genutzt, sondern bilden auch die Grundlage für wirtschaftliche oder politische Maßnahmen, etwa in Bezug auf Extremwetterereignisse oder Klimaerwärmung. Hierfür werden komplexe, hochdimensionale Modelle verwendet, um die physikalischen Prozesse in der Atmosphäre, den Meeren und der Landoberfläche unserer Erde numerisch nachzubilden. Jede Vorhersagerechnung startet mit einem Anfangszustand. Da die Atmosphäre ein stark nichtlineares, chaotisches System ist, können anfänglich kleine Fehler sehr schnell wachsen, was weithin als „Schmetterlingseffekt“ bekannt ist und den Hauptgrund für die begrenzte Vorhersagbarkeit des Wetters darstellt.

Methods

Die gute Spezifizierung des Anfangszustands stellt somit eine große Herausforderung dar, die den Aufwand der eigentlichen Vorhersage oft sogar übertrifft. Hierfür wird auf inverse Modellierung zurückgegriffen, bei der das Modell mit echten Beobachtungen kombiniert wird, auch als Daten-Assimilation bekannt. Die dafür möglichen Algorithmen müssen auch in großen Dimensionen anwendbar sein. Daher beschränkt man

sich zumeist auf quasi-lineare Methoden und stochastische Simulationsmethoden. Wir arbeiten sowohl (1) an der praktischen Nutzung etablierter Techniken zur Verbesserung von Klimavorhersagen als auch (2) an der grundsätzlichen Verbesserung der zu Grunde liegenden Algorithmen. Im Folgenden werden die bisherigen Arbeiten und ihre Resultate kurz vorgestellt. Sie wurden durch einer Vielzahl von Rechnungen auf dem LOEWE-CSC möglich gemacht. (1) Unsere Beteiligung am BMBF-Projekt „Mittelfristige Klimaprognosen“ (MiKlip) hat zum Ziel, den Anfangszustand der Landoberfläche für dekadische Klimaprojektionen zu verbessern, insbesondere in Bezug auf die klimatologisch besonders relevante Bodenfeuchte, die aufgrund ihrer langsamen Veränderung eine potentielle Vorhersagbarkeit besitzt. Hierzu verwenden wir das operationelle Vorhersagemodell des Deutschen Wetterdienstes und kombinieren es sowohl mit Satellitenbeobachtungen der oberflächennahen Bodenfeuchte als auch mit optimierten Niederschlagzeitserien. Diese Arbeit wurde für die Regionen Europa und Afrika durchgeführt, für die im Anschluss regionale Klimavorhersagen gerechnet wurden.

Results

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Optimierung der Bodenfeuchte auch in der Praxis Potential zur Verbesserung von Klimaprojektionen hat. (2) Wir haben einen neuen, nichtlinearen Algorithmus entwickelt, der in ersten Versuchen gute Resultate zeigte, darunter auch in Problemen größerer Dimensionalität[1] .

Discussion

Um seine Anwendbarkeit weiter zu untersuchen, wurde die neue Methode auf ein großskaliges OzeanmodellVorhersagen angewendet. Zusammengefasst beschäftigen wir uns mit Aspekten der inversen Modellierung, um die Optimierung des Anfangszustandes zu erreichen. Hierzu wurden komplexe Assimilationsrechnungen durchgeführt, deren Ergebnisse aktuell für Klimaprojektionen im Rahmen von MiKlip genutzt werden.

Outlook

In Zukunft werden diese weiter optimiert, zudem ist die Vorbereitung für die Projektion der Dekade 2015-2025 geplant. Es besteht außerdem mittelfristig die Option, ein System zur Assimilationen von Beobachtungen im Mittelmeer aufzubauen, wodurch ebenfalls positive Auswirkungen auf die dekadische Vorhersagbarkeit erwartet werden. Außerdem wurde eine neue, nichtlineare Theorie entwickelt und ausführlich getestet, unter anderem in einem komplexen Ozeanmodell. Da bisher konsistent gute Ergebnisse erzielt worden sind, kann die Forschung mit weiteren Anwendungen sowie Optimierungen des Algorithmus fortgeführt werden.

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT UNIKASSEL VERSITÄT Philipps Universität Marburg

Reference

[1] J. Tödter und B. Ahrens (Dezember 2014), A second-order ensemble exact square root filter for nonlinear data assimilation, Monthly Weather Review. doi:10.1175/MWR-D-14-00108.1.

Last Update: 2020-09-08 12:29