

Wie beeinflussen stratosphärische Prozesse die dekadische Vorhersage in der Troposphäre?

MiKlip - Mittelfristige Klimaprognosen

U. Langematz, J. Scheffler, T. Spiegl, Institut für Meteorologie, Freie Universität Berlin

Kurzgefasst

- Untersuchung der Rolle stratosphärischer dekadischer Variabilität in der Troposphäre
- Implementierung einer schnellen Ozonchemie in EMAC und Validierung
- Untersuchung des Einflusses interaktiv berechneter Ozonchemie auf die Troposphäre

Ziel des Projekts MiKlip ist es, die dekadische Klimavorhersage zu verbessern. MiKlip-STRATO hat zur Aufgabe, die Reaktion des gekoppelten Atmosphäre-Ozean-Systems auf dekadische stratosphärische Variabilität zu quantifizieren. Aus Beobachtungen und numerischen Modellsimulationen gibt es deutliche Hinweise darauf, dass stratosphärische dekadische Variabilität die Troposphäre beeinflusst (für einen Überblick siehe [1]). Die Berücksichtigung stratosphärischer Prozesse trägt somit das Potenzial in sich, die Vorhersagegüte der dekadischen Klimavorhersage zu verbessern. MiKlip-STRATO konzentriert sich auf die Rolle des dekadischen Sonnenforcings, der dekadischen Änderungen von interner stratosphärischer Variabilität und auf die darauffolgende troposphärische Reaktion. Schwerpunkte liegen auf der Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Ozean und Atmosphäre und der Auswirkungen projizierter Änderungen der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre. Zunächst stützen sich die Untersuchungen auf Simulationen mit einer neuen Atmosphäre-Ozean-Version des ECHAM5-basierten Klima-Chemie-Modellsystems EMAC.

MiKlip-FAST-O3 konzentriert sich auf die Rolle des stratosphärischen Ozons als klimarelevantes Gas. Es ist sehr rechenzeitaufwändig die Klima-Ozon-Wechselwirkungen zu berücksichtigen, deshalb wird Ozon in den Klimamodellen meist vorgeschrieben. Dieser Ansatz unterschätzt den Ozoneinfluss auf die Klimavariabilität auf der monatlichen bis dekadischen Zeitskala und vernachlässigt dabei die sich zeitlich ändernden Klima-Ozon-Wechselwirkungen. Arbeiten am AWI haben zu der Entwicklung eines innovativen Systems gekoppelter Differentialgleichungen geführt, welche den saisonalen Verlauf polarer Ozonchemie simulieren [2]. Das SWIFT genannte Modell beinhaltet alle wesentlichen chemischen

und physikalischen Prozesse. Obwohl SWIFT extrem schnell ist und hunderte von Jahren pro Sekunde prozessiert, kann es an einen weiten Bereich klimatischer Bedingungen angepasst werden. Das resultierende Schema wird zunächst in dem state-of-the-art CCM EMAC weiterentwickelt und gegen die vollständige Chemie von EMAC validiert. Sodann kann es als extrem schnelles Modul stratosphärischer Chemie in anderen Modellsystem eingesetzt werden.

Abbildung 1 zeigt Ergebnisse zweier Simulationen von EMAC mit der SWIFT-Chemie. Der obere Teil der Abbildung zeigt die beiden Kurven, welche die SWIFT Ozonchemie antreiben, nämlich den Anteil des Polarwirbels, in dem die Temperatur so gering ist, dass die Bildung polarer stratosphärischer Wol-

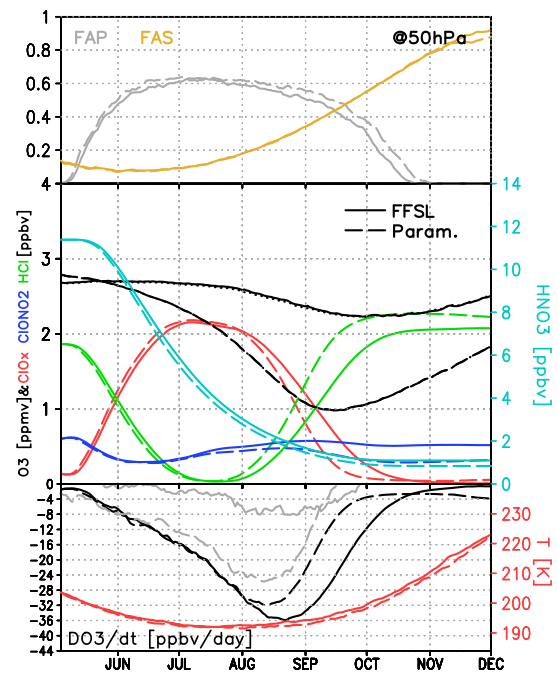


Abbildung 1: Langjähriges Tagesmittel von **Oben:** Anteil des Polarwirbels, in dem die Bildung polarer stratosphärischer Wolken möglich ist (grau) und Anteil des Polarwirbels, der von der Sonne beschienen wird (gold); **Mitte:** Volumenmischungsverhältnisse von Ozon [ppmv] (schwarz), aktiviertem Chlor [ppbv] (rot), ClONO₂ [ppbv] (dunkelblau), HCl [ppbv] (grün) und HNO₃ [ppbv] (hellblau); sowie **Unten:** Ozonänderungsrate [ppbv/day] durch Chemie (schwarz) und durch Chemie und Transport (grau), Temperatur [K] (rot). Alle Größen gelten für 50 hPa, die Größen im mittleren und unteren Teil der Abbildung sind Polarwirbelmittel. Durchgezogene Linien gelten für die EMAC-SWIFT-Simulation mit SL Transport, gestrichelte für die EMAC-SWIFT-Simulation mit parametrisiertem Transport.

ken möglich ist (graue Kurve) sowie der Anteil des Polarwirbels, der von der Sonne beschienen wird (goldene Kurve). Die farbigen Linien in der Mitte der Abbildung zeigen die Berechnungen von SWIFT. Zu Anfang des Winters sind die für den chemischen Ozonabbau im Polarwirbel wichtigen Chlorspezies noch in sog. Reservoirgasen (HCl und ClONO₂) gebunden und können nicht zum Ozonabbau beitragen. Bilden sich stratosphärische Wolken, erkenntlich am Anstieg der grauen Kurve im oberen Bildteil, so wird HCl von den Wolkenpartikeln absorbiert und kann dort mit ClONO₂ reagieren. Dabei wird aktives Chlor (genannt ClO_x, rote Kurve im mittleren Teil der Abbildung) gebildet. Im Winter wird dadurch immer mehr aktives Chlor im Polarwirbel angesammelt. Sobald der Wirbel im Frühling von der Sonne beschienen wird, werden diese photolysiert und es kommt zu einem starken Ozonabbau. Mit Fortschreiten des Frühlings lösen sich die polaren stratosphärischen Wolken auf und die aktiven Chlorspezies werden wieder in Reservoirgasen gebunden.

In der unteren Stratosphäre ist allerdings nicht nur die Chemie für die Ozonkonzentration wichtig, sondern auch der Transport. Über die Brewer Dobson-Zirkulation wird Ozon in die polare Stratosphäre transportiert. Im Modell EMAC ist bereits ein Transportschema enthalten. Andere Modelle, in denen SWIFT zum Einsatz kommen könnte, haben aber unter Umständen keinen eigenen Transport. Für diese Modelle könnte eine Transportparametrisierung genutzt werden, wie sie für SWIFT entwickelt wurde. In Abbildung 1 sind die Ergebnisse einer Simulation mit EMACs eigenem Transport (ein semi-Lagrange'sches Transportschema, kurz: SL Transport) in durchgezogenen Linien und einer Simulation mit parametrisiertem Transport in gestrichelten Linien gezeigt. Vergleicht man die Ozonänderungsraten beider Simulationen (schwarze Linien im unteren Bildteil), wird deutlich, dass die Simulation mit SL Transport einen stärkeren chemischen Ozonabbau aufweist, aber die tägliche Ozonkonzentration (schwarze Kurve im mittleren Bildteil) letztendlich höher ist als bei parametrisiertem Transport. Das ist darauf zurückzuführen, dass der SL Transport vergleichsweise stark ist und viel Ozon in die untere polare Stratosphäre nachtransportiert wird.

SWIFT wird nun auch in den neuesten Entwicklungstrang von EMAC [3] implementiert. Mit dieser modernen Modellversion werden dann Simulationen mit specified dynamics durchgeführt, das heißt die meteorologischen Parameter, wie Temperatur und Wind, werden an beobachtete Werte angepasst. Dies ist eine gute Möglichkeit zur Validierung der Chemie eines Modells, da die dynamischen Vorgänge, auf welche die Chemie-Module reagieren, in diesen Simulationen gleich sind.

WWW

<http://www.fona-miklip.de>

Weitere Informationen

- [1] L. J. Gray, J. Beer, M. Geller et al., *Reviews of Geophysics* **48** (2010)
doi:10.1029/2009RG000282
- [2] M. Rex, S. Kremser, P. Huck, G. Bodeker, I. Wohltmann, M. L. Santee, P. Bernath, *Atm. Chem. and Phys.* **14** (2014)
doi:10.5194/acp-14-6545-2014
- [3] P. Jöckel, A. Kerkweg, A. Pozzer et al., *Geoscientific Model Development* **3(2)** (2010)
doi:10.5194/gmd-3-717-2010

Projektpartner

Alfred-Wegener-Institut Potsdam - Sektion Physik der Atmosphäre

Förderung

BMBF 01LP1137B (MiKlip Modul B)