

Project: **782**

Project title: **Stratospheric Change and its Role for Climate Prediction (SHARP)**

Principal investigator: **Martin Dameris**

Report period: **2018-01-01 to 2018-12-31**

a) *Methan:*

Emissionen

Der Schwerpunkt unserer Arbeiten in diesem Jahr lag auf der Analyse der im Vorjahr durchgeführten Simulationen. Dabei handelte es sich um zwei Simulationen mit einer vereinfachten Methanchemie jedoch unterschiedlich fest vorgegebenem Hydroxyl Radikal (OH) (EMAC-apos-01 und EMAC-apos-02) und eine mit einer komplexen Chemie bei der das OH variabel ist (EMAC-apos-03). Die Analysen zeigten, dass bei der vereinfachten Methanchemie die Kombination von vorgegebenen OH und Emissionskataster entscheidend für die Übereinstimmung mit den angestrebten Messwerten ist. In der Simulation in der das fest vorgegebene OH nicht konsistent zu dem ist, welches bei der inversen Optimierung verwendet wurde (EMAC-apos-02), konnte der inter-annuale Trend im bodennahem Methanmischungsverhältnis nicht reproduziert werden (siehe Abb. 1, lila Linie). Die Auswertungen zeigten weiterhin, dass sich in EMAC-apos-03 das OH an das Emissionskataster anpasst. Obwohl sich die vertikale Verteilung von OH in den Simulationen EMAC-apos-01 und EMAC-apos-03 unterscheidet und auch die Methanlebensdauer in der Simulation mit komplexer Chemie abweicht, stellte sich die luftmassengewichtete OH Konzentration in der komplexen Chemie auf die des vorgegebenen OH aus EMAC-apos-01 ein. Genauso ist das bodennahe Methanmischungsverhältnis der beiden Simulationen vergleichbar (vgl. rote und blaue Linie in Abb. 1). Die geplanten Simulationen zur Beurteilung von verschiedenen invers optimierten Emissionskatastern konnte nicht durchgeführt werden, da die nötigen Methoden für die inverse Optimierung aus zeitlichen Gründen von den Kollaborationspartnern nicht zur Verfügung gestellt werden können. Arbeiten dazu sind auf unbestimmte Zeit verschoben, sollen aber sobald möglich nachgeholt werden.

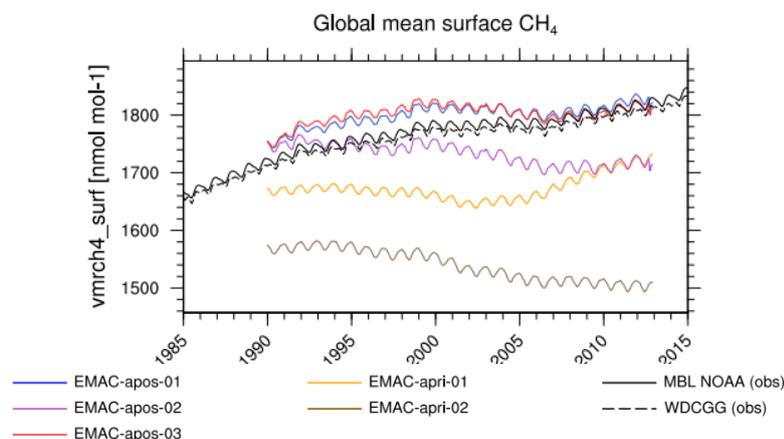


Abb. 1: Globales Bodenmischungsverhältnis von Methan in den durchgeführten Simulationen (farbig) im Vergleich zu Schätzungen von NOAA und WDCGG basierend auf Messdaten (schwarz).

Methaneinfluss auf stratosphärisches H₂O

Der Einfluss von steigenden Methan Konzentrationen in der Atmosphäre auf den stratosphärischen Wasserdampf kann in EMAC nun mithilfe von Isotopologen näher untersucht werden. Die erforderlichen Modellentwicklungen (i.e. Schließung des hydrologischen Zyklus) wurden anhand von zwei Simulationen evaluiert. Die eine (EMAC-01) wurde mit der vereinfachten Methanchemie und deren Isotopologen durchgeführt, die andere (EMAC-02) mit der komplexen Chemie inklusive Isotopologen (MECCA-TAG, Gromov et al. 2010). Die Simulation mit vereinfachter Methanchemie reproduzierte dabei die (im Vergleich mit Beobachtungen zu niedrigen) Ergebnisse von Eichinger et al. 2015. Zwar zeigen beide aktuell durchgeführten EMAC-Simulationen eine zu trockene Stratosphäre, jedoch entspricht das isotopische Verhältnis von Wasserdampf in der Simulation mit vollständiger Chemie eher dem aus Satellitendaten (siehe Vergleich mit MIPAS, Abb. 2).

Extrememissionsszenarien

Der Einfluss stark erhöhter Methankonzentrationen auf die chemische Zusammensetzung der Stratosphäre in Modellsimulationen, die im vorletzten Bewilligungszeitraum durchgeführt wurden, wurde analysiert. Eine Verdopplung der Bodenkonzentration von Methan führt zu einer Erhöhung des stratosphärischen Wasserdampfgehalts um mehr als 50%, die Verfünffachung um mehr als 250%. Dies verändert ebenfalls das vertikale Ozonprofil, da der zusätzliche Wasserdampf und das ebenfalls entstehende OH, je nach chemischem Regime, zu einer Ozonerhöhung oder Reduzierung führen. Die Ergebnisse der Masterarbeit von Fabian Tanalski wurden zu einer Publikation zusammengefasst.

In den oben genannten Simulationen zu Extrememissionsszenarien wurden die Meeresoberflächentemperatur und die Seeeiskonzentration fest vorgegeben. Um den Strahlungseinfluss von extremen Methankonzentrationen auch in der Troposphäre korrekt zu bestimmen, wurden die Simulationen mit einem Mixed Layer Ocean (Dietmüller, 2011) wiederholt. Diese Simulationen ersetzen die im letzten Antrag beschriebene Zeitscheibensimulation mit CH₄ auf Niveau der Preindustrialisierung und werden im kommenden Jahr im Zuge einer weiteren Masterarbeit ausgewertet.

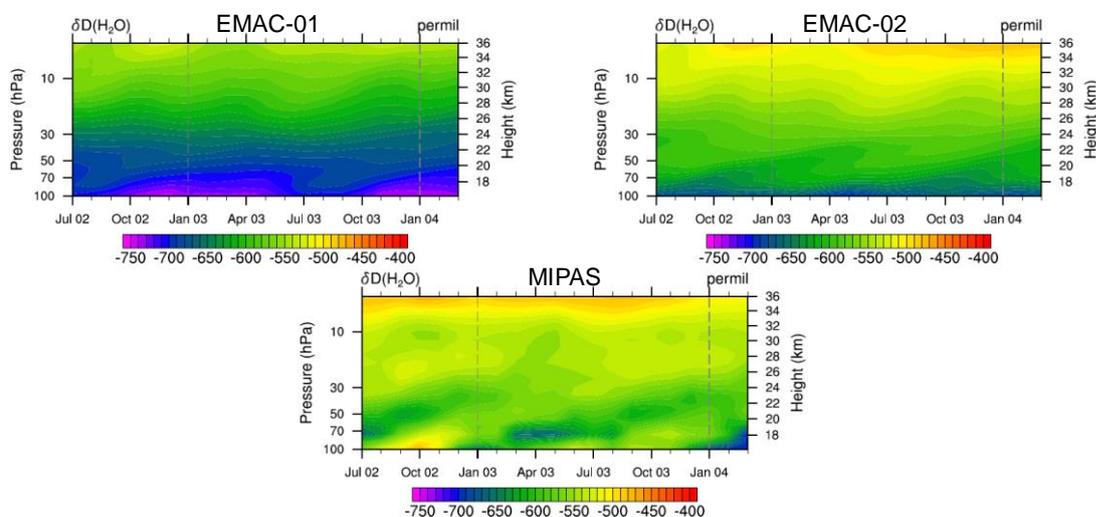


Abb. 2: Signal des tropischen stratosphärischen Taperecorders von $\delta D(H_2O)$ in den Simulationen EMAC-01 (oben rechts) und EMAC-02 (oben links), verglichen mit dem entsprechenden Signal in MIPAS Profilen (mitte unten).

b) Vulkane

Der Vulkan-Ausbruch des Mt. Pinatubo auf den Philippinen war einer der stärksten in der Gegenwart. Im Rahmen einer Masterarbeit wurden 3 Modellsimulationen aus dem ESCiMo Projekt (id0853) (Jöckel et al., 2016) auf die chemische Veränderung der tropischen Atmosphäre nach der Eruption hin untersucht. Das besondere dieser Simulationen ist, dass der Effekt der Vulkanaerosole auf die Strahlung und die Chemie jeweils getrennt betrachtet werden konnten. Die Eruption verursacht insgesamt in den Tropen eine Abnahme im Ozon, die im Wesentlichen bis 2 Jahre nach dem Ausbruch durch einen verstärkten Abtransport aufgrund der Erwärmung der Stratosphäre durch die Vulkanaerosole verursacht wurde. Betrachtet man nur die chemischen Reaktionen, so führt der Ausbruch innerhalb des ersten Jahres zu einem Anstieg von Ozon in der Stratosphäre. Die heterogenen Abbaureaktionen in der Aerosolwolke reduzieren NO_x und stören daher den NO_x Abbauzyklus von Ozon (Kilian, 2018).

c) Effekt von Raumfahrzeugen auf die Atmosphäre beim Wiedereintritt

Im letzten Jahr konnten die erforderlichen Simulationen noch nicht durchgeführt werden. Der Projektpartner ESA forderte die zusätzliche Betrachtung heterogener Reaktionen von Ozon mit Al₂O₃ und TiO₂ Partikeln, die von den wiedereintretenden Raumfahrzeugen emittiert werden. Dies war im ursprünglichen Projektplan nicht vorgesehen und erforderte zunächst zusätzliche Erweiterungen in EMAC und deren Tests bevor die Produktionssimulationen durchgeführt werden können.

References:

Dietmüller, S. Relative Bedeutung chemischer und physikalischer Rückkopplungen in Klimasensitivitätsstudien mit dem Klima-Chemie-Modellsystem EMAC/MLO Ludwig Maximilian Universität München, 2011

Eichinger, R.; Jöckel, P.; Brinkop, S.; Werner, M. & Lossow, S. Simulation of the isotopic composition of stratospheric water vapour - Part 1: Description and evaluation of the EMAC model Atmospheric Chemistry and Physics, 2015, 15, 5537-5555, doi:10.5194/acp-15-5537-2015

Gromov, S.; Jöckel, P.; Sander, R. & Brenninkmeijer, C. A. M. A kinetic chemistry tagging technique and its application to modelling the stable isotopic composition of atmospheric trace gases Geoscientific Model Development, 2010, 3, 337–364. doi:10.5194/gmd-3-337-2010, URL <http://www.geosci-model-dev.net/3/337/2010/>

Jöckel, P., Tost, H., Pozzer, A., Kunze, M., Kirner, O., Brenninkmeijer, C. A. M., Brinkop, S., Cai, D. S., Dyroff, C., Eckstein, J., Frank, F., Garny, H., Gottschaldt, K.-D., Graf, P., Grewe, V., Kerkweg, A., Kern, B., Matthes, S., Mertens, M., Meul, S., Neumaier, M., Nützel, M., Oberländer-Hayn, S., Ruhnke, R., Runde, T., Sander, R., Scharffe, D., & Zahn, A.: Earth System Chemistry integrated Modelling (ESCiMo) with the Modular Earth Submodel System (MESSy) version 2.51, Geoscientific Model Development, 9, 1153–1200, doi: 10.5194/gmd-9-1153-2016, URL <http://www.geosci-model-dev.net/9/1153/2016/> (2016)

Kilian, M.: Impact of the Eruption of Mt. Pinatubo on the Chemical Composition of the Tropical Atmosphere as Simulated with EMAC, Master's Thesis, Universität Innsbruck, Austria, 2018.