

Projekt: **1022**

Projekttitel: **MACClim (The Middle Atmosphere in a Changing Climate)**

Federführende Wissenschaftlerin: **Dr. Hella Garny**

Berichtszeitraum: **01.01.2018 bis 31.12.2018**

Die Arbeiten, die im Projekt MACClim durchgeführt wurden, sind entsprechend der im Antrag definierten Arbeitspakete im Folgenden aufgelistet. Aufgrund von aktuellen Entwicklungen der Forschungsfragen wurden manche Themen (und somit Simulationen) hinten angestellt (s. 1.) , andere verstärkt bearbeitet (s. 4.) . Die Rechenzeit wurde größtenteils wie geplant verbraucht. Die Simulationen werden derzeit ausgewertet, mündeten in einer erfolgreich abgeschlossenen Masterarbeit, und eine Reihe von Publikationen zu den Themen sind in Vorbereitung\*.

### **1 Auflösungsabhängigkeit großräumiger Mischungsprozesse (WP1/2, Simone Dietmüller)**

Aufgrund einer aus gegebenem Anlass stattgefundenen Änderung des Zeitplans innerhalb des Projekts wurden die Arbeiten zu diesem Thema auf das Jahr 2019 verschoben. Ggf. können die Simulationen noch teilweise in diesem Jahr durchgeführt werden, das Gros der beantragten Rechenzeit wurde jedoch stattdessen für die Simulationen in Punkt 6 verbraucht.

### **2 Transportcharakteristika abgeleitet aus Spurenstoffkonzentrationen (WP2, Frauke Fritsch)**

Die Transportzeit durch die mittlere Atmosphäre an einem Punkt wird beschrieben durch ein Spektrum von Transportzeiten ("Altersspektrum"). Die im Jahr 2017 implementierten Methoden zur Berechnung des Altersspektrums aus Modelldaten ("Pulse"-Methode und "radioaktive" Tracer) wurde in 2018 in einer Modellsimulation ("Zeitscheiben"-Simulation mit Randbedingungen repräsentativ für das Jahr 2000) mit dem rein dynamischen EMAC angewandt. Die Daten wurden ausgewertet hinsichtlich der Eigenschaften von Altersspektren, und wurde in Kooperation mit der Universität Frankfurt angewandt für den Test einer Methode zur Bestimmung von Altersspektren aus Tracern mit Lebenszeiten (Hauck et al, submittet). Desweiteren wurde eine Zeitscheibensimulation mit Chemie durchgeführt, in welcher neben den passiven Pulse-tracern eine Reihe (etwa 15) von Pulse-tracern mit chemischen Eigenschaften einsprechend verschiedener Spezies simuliert wurde. Diese Simulation wird derzeit ausgewertet und nächstes Jahr durch Zukunftssimulationen ergänzt.

### **3 Mechanistische Studien mit idealisiertem Model (WP3, Roland Walz)**

Mit dem idealisierten Zirkulationsmodell EMIL (ECHAM/MESSy Idealised Model), das aus dem dynamischen Kern von ECHAM5 besteht und Strahlung, Konvektion und andere physikalische Prozesse durch Relaxation gegen eine vorgeschriebene Hintergrundtemperatur und einfache Winddämpfung ersetzt, wurden Sensitivitätsstudien durchgeführt. In diesen wurden sowohl die Anfangshöhe des mit dem Polarwirbel verbundenen Temperaturabfalls auf der Winterhemisphäre als auch die Stärke dieses Temperaturgradienten variiert, um ein Setup mit einem in Stärke und Variabilität realistischen Polarwirbel zu finden. Zusätzlich wurde eine Funktion in EMIL implementiert, die ein von der vorgeschriebenen Hintergrundtemperatur unabhängiges, idealisiertes Heizen der Atmosphäre erlaubt, womit Klimawandlexperimente durchgeführt werden können. Die Ergebnisse dieser Simulationen und die Beschreibung des Modells sollen bis Ende des Jahres publiziert werden.

### **4 Natürliche Variabilität des Alters stratosphärischer Luft (WP1, Lena Hoffmann)**

Um die Variabilität in Age of Air (AoA) quantifizieren zu können, wurde eine Kontrollsimulation mit konstanten Randbedingungen durchgeführt. Aus dieser Simulation konnte die intere Variabilität (Standard-Abweichung und Autokorrelation) bestimmt werden, mit welcher wiederum eine Fehlerabschätzung für Trends in AoA aus transienten Simulationen erfolgen konnte. Diese ergab, dass die interene Variabilität klein gegenüber natürlich induzierter Variabilität ist (z.B. durch Vulkane), und Trends ab einer Zeitreihenlänge von etwa 30 Jahren signifikant sind. Diese Ergebnisse wurden in der erfolgreich abgeschlossenen Masterarbeit von Lena Hoffmann erzielt.

### **4a Einfluss von Vulkanaerosolen auf AoA (Roland Eichinger)**

Im Rahmen einer Zusammenarbeit mit Kollegen des Forschungszentrums Jülich wurden 2018 mehrere Sensitivitätssimulationen zur Untersuchung des Einflusses von Vulkanaerosolen und Ozon auf AoA und damit die Transportcharakteristika in der Stratosphäre durchgeführt. Diese zeigten bereits, dass der Einfluss von Vulkanaerosolen auf die untere Stratosphäre im Modell konsistent mit jenem aus Reanalysen ist. Ausserdem konnte eine Alterung der Luft in der

Nordhemisphäre durch Vulkane festgestellt werden und auch ein deutlich unterschiedliches Signal bei der Verwendung von zwei verschiedenen Volkanaerosol Datensätzen. Diese Ergebnisse werden derzeit weiter untersucht und darüberhinaus wurden noch vier Ensemble Simulationen durchgeführt. Diese sollen der Beurteilung der internen Stratosphärischen Variabilität dienen, welche die Interpretation der Ergebnisse beeinflussen kann. Da diese Zusammenarbeit im Vorfeld nicht absehbar war, wurde die Rechenzeit für diese Simulationen nicht beantragt. Hierfür wurde Rechenzeit aus Punkt 1. verwendet.

### 5 Einfluss chemischer Senken auf Klimatologien/ Trends von SF6 (WP2, Roland Eichinger)

In Beobachtungen wird oft der Spurenstoff SF6 zur Bestimmung des Alters der Luft verwendet. Die chemischen Senken von SF6 stellen jedoch einen Unsicherheitsfaktor beim Vergleich des Alters der Luft zwischen Modell- und Beobachtungsdaten dar, meist werden diese in Modellsimulationen nicht beachtet. Zusammen mit Kollegen des KIT hat die Gruppe ein bestehendes Modul welches die chemischen Senken für SF6 parameterisiert in EMAC eingepflegt und getestet. Die Auswertungen einer transienten Simulation mit SF6 Senken Modul zeigt, dass sich das Alter der Luft durch die chemischen Senken deutlich erhöht (vgl. Abb. 2b mit Abb. 2c), v.a. in den hohen Breiten. Dadurch wird eine deutlich verbesserte Vergleichbarkeit mit MIPAS Satellitendaten (Abb. 2a) erreicht. Darüberhinaus verändert der Trend über die letzten Dekaden durch die SF6 Senken das Vorzeichen und ist somit ebenso in Einklang mit Beobachtungsdaten von Ballonmessungen. Besonders ab 1995 steigt der Einfluss der chemischen Senken stark an. Die Gründe für letztere Erkenntnisse sind jedoch noch unklar und sollen 2019 voraussichtlich im Rahmen einer Masterarbeit erkundet werden.

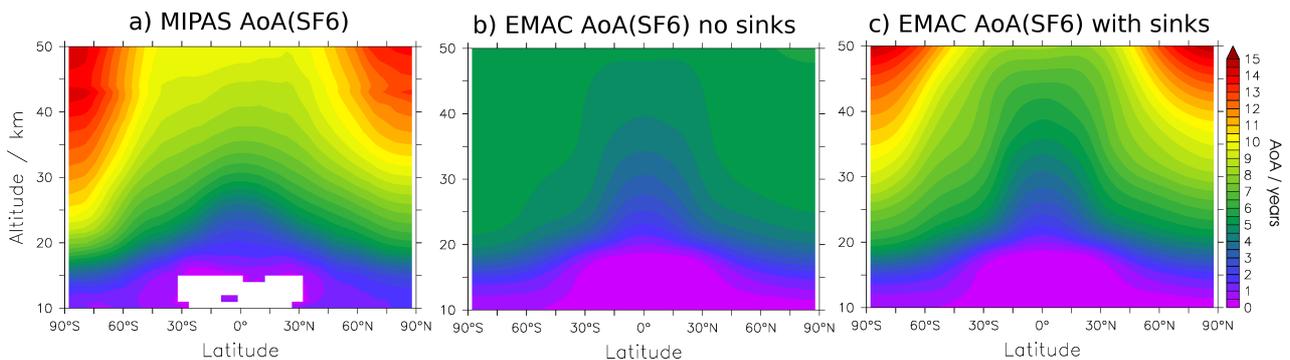


Abb. 1: Klimatologie von 2007-2011 von aus SF6 abgeleitetem Alter der Luft von a) MIPAS Satellitenbeobachtung, b) EMAC ohne chemische SF6 Senken und c) EMAC mit chemische Senken.

### 6 Representation von Schwerewellen (WP4, Roland Eichinger)

Um die Einflüsse einzelner Komponenten der Schwerewellen für gegenwärtige als auch für zukünftige Klimabedingungen im vorhandenen Klimamodell zu quantifizieren wurde eine Reihe von Sensitivitätssimulationen durchgeführt. Diese konnten zunächst frühere Ergebnisse bestätigen, welche die Kompensation parametrisierter Wellen durch aufgelöste Wellen zeigten und damit eine von den Parametrisierungen unabhängige Zukunftsprognose zeigten. Unsere Simulationen zeigten jedoch, dass dies für nicht-orographische Schwerewellen im Nordsummer nicht gilt. Des weiteren konnte gezeigt werden, dass das Mischungsverhalten, ein wichtiger Teil der Zirkulation, sich trotz Wellenkompensation durch Schwerewellen ändert und dass die Zukunftsänderung der Stärke des Polarwirbels stark von den Schwerewellen abhängt. Eine Publikation zu diesem Thema ist bereits in fortgeschrittenem Zustand.

#### Publikationen in Vorbereitung /in review:

Hauck, **Fritsch**, **Garny**, Engel: Deriving stratospheric age of air spectra using chemically active trace gases, Atmos. Chem. Phys. Discuss., <https://doi.org/10.5194/acp-2018-991>, in review, 2018.

**Eichinger**, **Garny**, **Dietmüller**, **Kern**: The stratospheric circulation response to parametrized Gravity Wave forcing, in preparation for ACP

**Fritsch**, Engel, **Garny** : Deriving mean AoA from non-linear increasing passive source gases, in preparation for ACP

**Garny**, **Walz**, Nuetzel: The ECHAM/MESSy Idealized Model (EMIL) Version 1.0, in preparation for GMD

Diallo, **Garny**, **Eichinger** et al: Consistent stratospheric circulation response to volcanic forcings in models and observations, in preparation for GRL