

Project: **1022**

Project title: **The middle atmosphere in a changing climate - MACClim**

Principal investigator: **Hella Garny**

Report period: **2020-01-01 to 2020-12-31**

Im Projekt MACClim (bd1022) wurden bis Dato (9.8.2021) 5.095 node-h Rechenzeit von insgesamt 9.718 node-h des Jahres 2021 verbraucht. Dabei wurden die verbrauchten Ressourcen weitgehend für die beantragten Zwecke verwendet. 2429 node-h davon sind verfallen, dies liegt hauptsächlich daran, dass die geplante Rechenzeit für Punkt 3 aufgrund geänderter Priorisierung der Aufgaben bisher nicht abgerufen werden konnte. Die Simulationen für Punkt 4 stehen noch aus, diese sollen im verbleibenden Zeitraum in 2021 durchgeführt werden, außerdem werden noch einige node-h für Datenprozessierung und für Testsimulationen von Arbeiten zur Modellentwicklung (siehe Antrag für 2022) benötigt. Im Jahr 2021 wurden im Projekt MACClim eine Masterarbeit, eine Dissertation und mehrere Publikationen auf Basis der am DKRZ durchgeführten Simulationen teils fertiggestellt, teils vorbereitet (siehe unten).

1 Mechanistische Studien mit idealisiertem Model (HGF-MACClim, *Roland Walz, Hella Garny*)

Das ECHAM/MESSy Idealised Model (EMIL) ersetzt Strahlung, Konvektion und andere physikalischen Prozesse durch eine einfache Relaxation gegen eine vorgeschriebene Hintergrundtemperatur. So können Zirkulationsunterschiede zwischen Modellläufen mit geänderten Hintergrundtemperaturen allein auf Grundlage der atmosphärischen Dynamik analysiert werden. 2021 ist es durch zahlreiche Sensitivitätsstudien mit EMIL nun gelungen, denjenigen dynamischen Mechanismus herauszuarbeiten, der bei kritischer Erwärmung der oberen tropischen Troposphäre in idealisierten Modellen für einen abrupten Regimewechsel des stratosphärischen Polarwirbels verantwortlich ist. Gegenüber Modellsimulationen ohne stratosphärischem Polarwirbel wird eine beschleunigte polwärtige Verschiebung des troposphärischen Jets nach erfolgtem stratosphärischem Regimewechsel beobachtet. Entscheidend für den Zeitpunkt des Regimewechsels sind die kritische Temperatur der oberen Troposphäre und der stratosphärische Grundzustand, unabhängig von der exakten troposphärischen Temperaturschichtung, der Ausdehnung des tropischen Heizterms und der Auflösung des Klimamodells. Ergebnisse hierzu werden in Walz et al. (2021, in preparation) und in der Dissertation von Roland Walz, welche im Herbst 2021 an der LMU eingereicht wird, veröffentlicht.

2 Idealisierte Simulation des Asiatischen Monsuns (HGF-MACClim, Matthias Nützel, Hella Garny, Andreas Bartenschlager)

Durch vorgeschriebenes Heizen lässt sich im idealisierten Modell EMIL eine Monsunantizyklone - wie sie auch typischerweise während des asiatischen Sommermonsuns zu beobachten ist - erzeugen (siehe Garny et al. 2020, GMD). 2021 wurden Sensitivitätsexperimente hinsichtlich des Einflusses der Lage des idealisierten Heizens auf die Dynamik durchgeführt. Insbesondere wurde in verschiedenen Simulationen mit idealisierten Tracern auch der zugehörige Tracer-Transport von der Monsunregion in die Stratosphäre untersucht. Derzeit wird eine Masterarbeit mit dem Titel: "Tracer Transport from the Asian Monsoon Anticyclone to the Stratosphere in Idealised Model Simulations" angefertigt. Diese soll im Herbst 2021 eingereicht werden.

3 Einfluss sub-grid skaliger Orographie auf die Dynamik der Stratosphäre (HGF-MACClim, Roland Eichinger, Petr Sacha)

Heutige Zirkulationsmodelle verwenden Schwerewellenparametrisierungen, um verschiedene Aspekte der Stratosphärendynamik korrekt darstellen zu können. Eine in den Modellen integrierte sub-grid skalige Orographie ist dabei für die Entstehung orographischer Schwerewellen mitverantwortlich. Das bestehende orographische Schwerewellenschema wurde um einen Aspekt erweitert; der aufgelöste Wind erfährt nun eine zufällige Richtungsänderung wenn er auf die sub-

grid Skala übertragen wird. Dies ist in bergigen Gebieten physikalisch sinnvoll und führt zu Veränderungen in der vertikalen Schwerwellenausbreitung. Die bislang hierfür durchgeführten Simulationen wurden nun ausgewertet. In einzelnen Monatsklimatologien zeigen die Ergebnisse signifikante Veränderungen im stratosphärischen Wind (Abb. 1). Desweiteren wurden Veränderungen im Auftreten plötzlicher Stratosphärenenerwärmungen und im Zeitpunkt der finalen Stratosphärenenerwärmung gefunden. Die Methode hat folglich das Potential bestimmte Modellfehler zu verbessern und soll noch weiter entwickelt werden. Dazu fehlt in 2021 aufgrund veränderter Priorisierung die Zeit. Die Arbeiten sind nun für das kommende Jahr nochmal geplant.

||

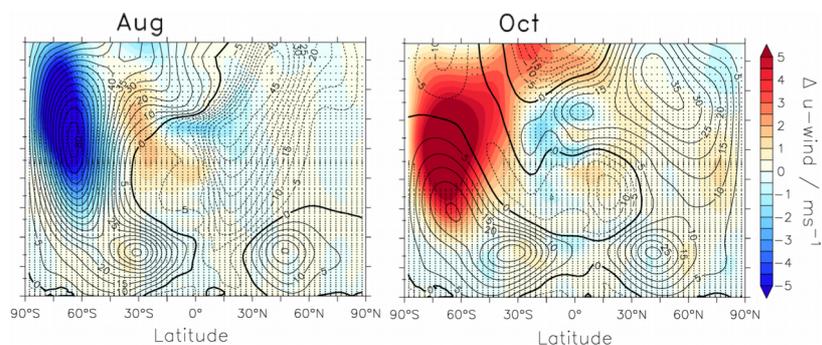


Abb. 1: Differenz im Zonalwind durch die Veränderungen im Schwerwellenschema

4. Einfluss von Schwerwellen auf die südhemisphärische Zirkulation (ROMIC, Roland Eichinger, Hella Garny)

Die Modellsimulationen zu diesem Thema sind für die Restzeit des Jahres 2021 geplant. In diesem Themenkomplex hat sich die Gruppe zunächst auf die Analyse vorhandener Daten aus den Simulationen des ESCiMo Projekts (id0853) konzentriert. Um die Analysen zu vervollständigen sind die hier beantragten Simulationen jedoch noch notwendig. Desweiteren wird in diesem Thema nun auch mit der Modellentwicklung begonnen, in welcher eine simple Lösung für eine dreidimensionale Propagation von Schwerwellen entwickelt werden soll.

Masterarbeit von Andreas Bartenschlager:

“Tracer Transport from the Asian Monsoon Anticyclone to the Stratosphere in Idealised Model Simulations”, In Vorbereitung zur Einreichung im Herbst 2021 an der Ludwig-Maximilians Universität München (LMU).

Dissertation von Roland Walz:

“Dynamische Kopplung der Stratosphäre und Troposphäre im Klimawandel”, In Vorbereitung zur Einreichung im Herbst 2021 an der Ludwig-Maximilians Universität München (LMU).

Publikationen 2021:

Löffel, S., Eichinger, R., Garny, H., Fritsch, F., Reddmann, T., Versick, S., Stiller, F. Haenel, F.: The impact of SF₆ sinks on age of air climatologies and trends, Atmos. Chem. Phys. Disc., 2021

Publikationen in Vorbereitung:

Diallo, M. Garny, H., Eichinger, R. et al.: Consistent stratospheric circulation response to volcanic forcings in models and observations, in preparation for ACP 2022

Eichinger, R., Garny, H., Sacha, P., : Effects of Missing Gravity Waves on Stratospheric Dynamics; Part 2: Climate Change,; in preparation for Climate Dynamics, 2022

Walz, R., Garny, H., and Birner, T.: Stratospheric Influence during Tropical Upper-Tropospheric Warming in an Idealized General Circulation Model, in preparation for JAS, 2021.