

Project: 1055

Project title: CMIP6 - AerChemMIP

Principal investigator: Patrick Jöckel

Report period: 2022-07-01 to 2023-06-30

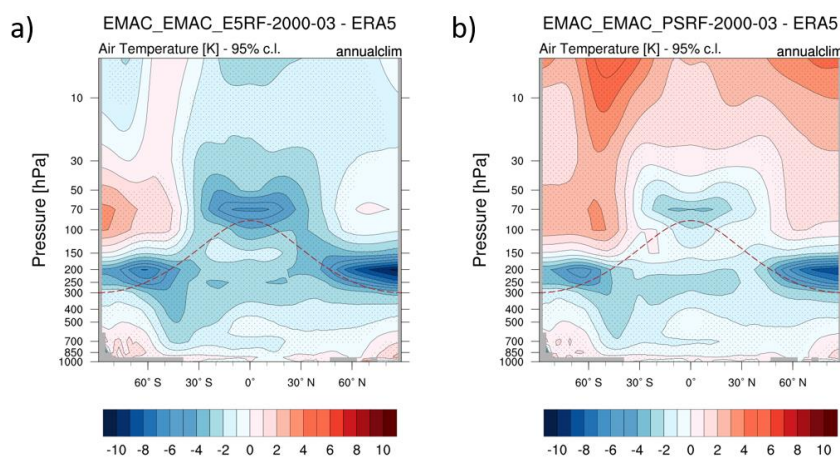
## Aktivitäten während des aktuellen Bewilligungszeitraums

Ziel dieses Projektes ist es mit unserem Chemie-Klima-Modell EMAC einen Beitrag zu den CMIP6 (bzw. CMIP7) Simulationen zu leisten und darüber hinaus ein verlässliches Werkzeug für zukünftige Projekte dieser Art zu schaffen.

Der im Antrag dargelegte Plan, im aktuellen Berichtszeitraum einen optimierten Wolkenparametersatz für das gekoppelte EMAC-MPIOM (T42L90MA-GR15L40) System unter Berücksichtigung einer detaillierten Atmosphärenchemie zu bestimmen, wurde jedoch zurückgestellt. Der Grund dafür ist, dass sich bei Testsimulationen mit Atmosphärenchemie eine höhere Strahlungsimbalanz im Atmosphärenmodell einstellt als ohne Atmosphärenchemie, weshalb das „set-up“ neu eingestellt werden musste. Dies wird weiter unten im Text näher erläutert. Ein kleiner Teil der zugesprochenen Ressourcen wurde im aktuellen Bewilligungszeitraum daher dafür genutzt, zunächst EMAC mit PSrad (*Pincus und Stevens, 2013*) als neuem, modernem Strahlungsschema, das z.B. eine realistischere Strahlungswirkung von Methan und eine höhere Anzahl von Banden im kurzwelligen Strahlungsbereich enthält, zu evaluieren.

Als ersten Schritt haben wir die Modellparameter für die rein dynamische Konfiguration, also ohne interaktive Atmosphärenchemie, von EMAC mit PSrad optimiert und dieses „set-up“ evaluiert. Anfänge dieser Arbeiten wurden schon im letzten Bericht präsentiert. Nun sind die Parameteroptimierung und die Evaluierung abgeschlossen und eine Publikation dazu ist in Vorbereitung (*Nützel et al., 2023 in prep.*). Wir konnten einen Parametersatz bestimmen, mit dem sich für vorindustrielle Zeiten eine Netto-Strahlungsbilanz im Bereich von  $\sim 0 \text{ W/m}^2$  und für „present-day“ Bedingungen ein Wert von etwa  $+ 1 \text{ W/m}^2$  ergibt.

Vorläufige Ergebnisse mit PSrad als Strahlungsschema in EMAC sind vielversprechend. So bildet PSrad die Strahlungswirkung von Methan realistischer ab. Diese wird vom bisher in EMAC genutzten Strahlungsmodell, das auf ECHAM5 beruht, deutlich unterschätzt. Außerdem zeigt die Analyse der Ergebnisse des dynamischen „set-ups“, dass die Abweichung der simulierten Temperatur von der aus Reanalysedaten am „cold point“, ein bekanntes Problem (z.B. *Jöckel et al., 2016*), mit PSrad als Strahlungsmodell deutlich reduziert ist (siehe Abbildung 1).

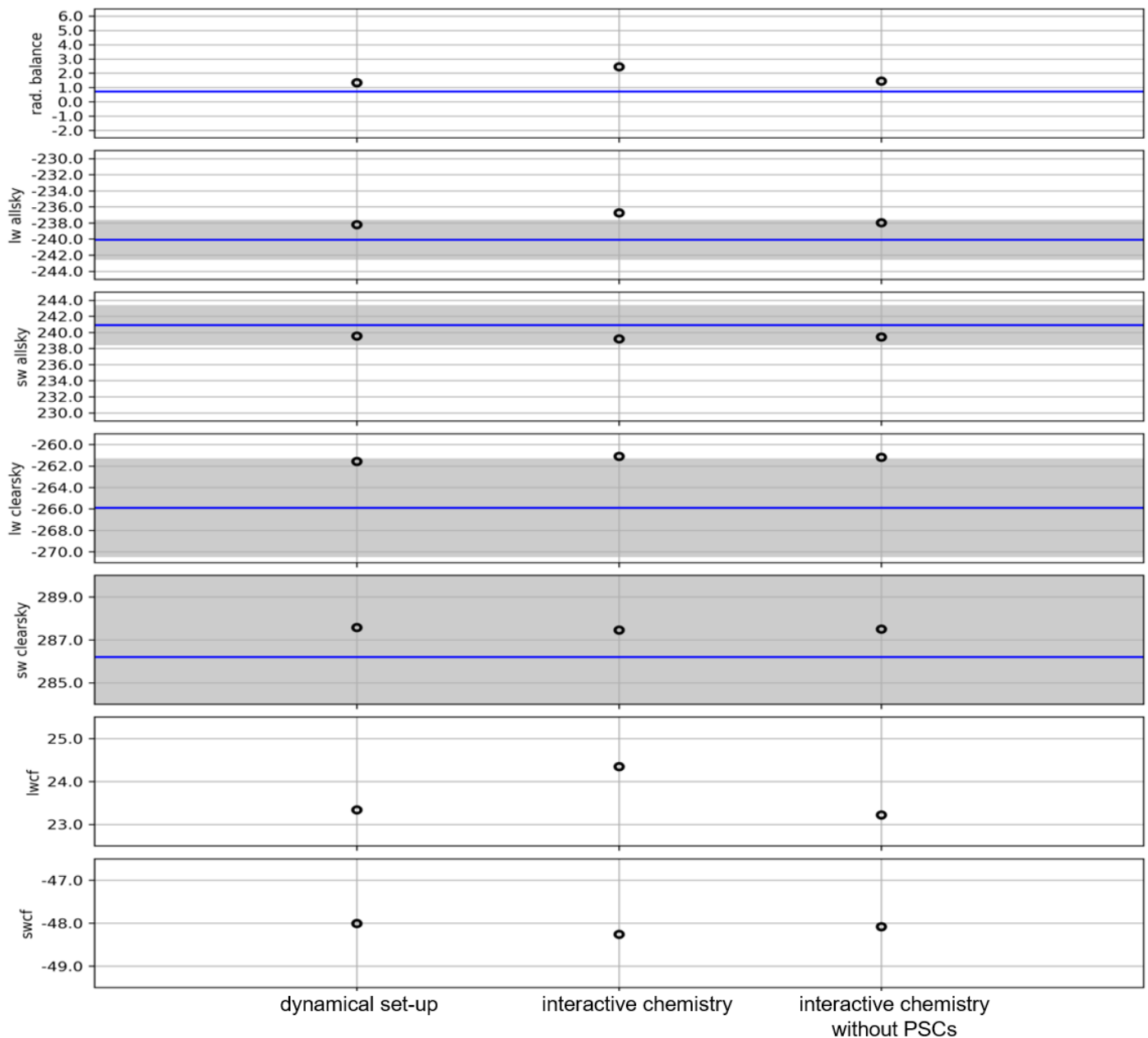


**Abbildung 1: Zonal gemittelte Temperaturdifferenz der Simulationen a) EMAC mit ECHAM5 Strahlung und b) EMAC mit PSrad Strahlung gegenüber ERA5 (mit dem ESMValTool produziert).**

Im Anschluss an die Evaluierung des dynamischen „set-ups“ haben wir begonnen, EMAC mit PSrad Strahlung und interaktiver Atmosphärenchemie zu untersuchen. Dabei haben wir herausgefunden, dass die Modellparameter, mit denen sich im dynamischen „set-up“, eine Strahlungsimbalanz von etwa  $+ 1 \text{ W/m}^2$  ergibt, im „set-up“ mit interaktiver Atmosphärenchemie zu einer höheren Strahlungsimbalanz um  $+ 2.5 \text{ W/m}^2$  führen. Als Ursache dafür konnte die heterogene Chemie in der Stratosphäre, bzw. die Bildung von Polaren Stratosphärenwolken (PSCs), ausgemacht werden. Wenn nämlich das MESSy Submodell, das die Bildung von PSCs beschreibt (MSBM), deaktiviert wird, verringert sich die Strahlungsimbalanz um etwa  $+ 1 \text{ W/m}^2$ . Dies geschieht durch eine erhöhte Bildung von Eiswolken unterhalb der PSCs, die dazu führt, dass weniger langwellige Strahlung die Atmosphäre verlassen kann. Somit wird der langwellige Wolkeneffekt verstärkt (Iwcf, siehe Abbildung 2). Die erhöhte Reflektion von kurzwelliger Strahlung spielt eine untergeordnete Rolle, da PSCs in der polaren Winterhemisphäre gebildet werden und dort kaum kurzwellige Strahlung ankommt.

Auf Grund der zu hohen Strahlungsimbalanz haben wir die Modellparameter für das „set-up“ mit interaktiver Chemie

nachjustiert. Mit diesem Parametersatz ergibt sich eine Strahlungsimbalanz von etwa + 1 W/m<sup>2</sup> für „present-day“ Bedingungen.



**Abbildung 2:** „Top-of-the-atmosphere“ (TOA) Strahlungsflüsse mit EMAC (1) rein dynamisch, (2) mit interaktiver Atmosphärenchemie und (3) interaktiver Atmosphärenchemie aber ohne MSBM (schwarze Punkte). Die horizontale blaue Linie zeigt den Zielwert für die Modellvariablen. In grau schraffiert sind die Wertebereiche gezeigt, die sich aus Beobachtungsdaten ergeben.

Auf der Basis der bisherigen Parameteroptimierung, zunächst des rein dynamischen Atmosphärenmodells, dann des Atmosphärenmodells unter Einbeziehung einer detaillierten stratosphärischen und troposphärischen Chemie, soll im nächsten Antragszeitraum der Schritt zum gekoppelten Atmosphäre-Ozean-System vollzogen werden.

## Referenzen

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., and Zahn, A. (2016): Earth System Chemistry integrated Modelling (ESCiMo) with the Modular Earth Submodel System (MESSy) version 2.51, *Geosci. Model Dev.*, 9, 1153–1200, <https://doi.org/10.5194/gmd-9-1153-2016>

Nützel, M. et al., 2023, Updating the radiation infrastructure in MESSy, *Geosci. Model Dev.*, (in preparation)

Pincus, R., and Stevens B. (2013), Paths to accuracy for radiation parameterizations in atmospheric models, *J. Adv. Model. Earth Syst.*, 5, 225–233, doi:10.1002/jame.20027 <https://doi.org/10.1002/jame.20027>