

Bericht 2020/21/22 – Projekt 1055 – CMIP6-AerChemMIP

Projekt: 1055
Projekttitel: CMIP6 - AerChemMIP
Projektleitung: Dr. Patrick Jöckel (patrick.joeckel@dlr.de)
Berichtszeitraum: 01.07.2020 – 30.04.2022

Aktivitäten 2020/21/22

Bisher wurden 56 249 node-h auf mistral verbraucht (Stand 02.04.2022).

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

Wie im letzten Bericht für den Zeitraum 2019-2020 beschrieben, haben wir während der Durchführung der CMIP6 und AerChemMIP Simulationen festgestellt, dass bei zunehmender anthropogener Aerosolbelastung eine unrealistisch hohe Abkühlung in unserem Modell stattfindet. Unsere Analysen zeigen, dass die Klimasensitivität der Wolken in der Wechselwirkung mit dem Aerosol im Modell deutlich überschätzt wird. Der abkühlende Effekt durch die Aerosole überwiegt sogar die gleichzeitig durch zunehmende Treibhausgaskonzentrationen stattfindende Erwärmung. Da wir die Modellparameter für ein vorindustrielles Klima optimiert hatten, konnte dieser Effekt erst im Verlauf des Projektes entdeckt werden. Wir mussten daraufhin alle laufenden und weiteren geplanten Simulationen abbrechen, weil das CMIP6 Protokoll vorgibt, dass alle Simulationen eines Modells mit den gleichen Parametern durchgeführt werden müssen. Wir haben dann mehr als 50 Simulationen durchgeführt, um einen geeigneten Parametersatz zu finden, der sowohl für vorindustrielle (dem Jahr 1850 entsprechende) als auch für „gegenwärtige“ (dem Jahr 2005 entsprechende) Aerosolbelastungen plausible Modellergebnisse liefert. Das Ergebnis dieser Simulationen war, dass kein gewählter Modellparametersatz zu einer ausreichenden Reduzierung des zu stark kühlenden Effektes der Aerosol-Wolkenwechselwirkung führt. Die ursprünglich geplante Wiederholung der DECK und AerChemMIP Simulationen konnte somit bisher nicht durchgeführt werden.

Die verbleibenden Ressourcen haben wir dann zum Teil für grundlegende Modellweiterentwicklungen verwendet. Das bisherige, auf ECHAM5 beruhende, Strahlungsschema kann nun in EMAC zur Laufzeit durch das alternative Strahlungsschema PSrad (*Pincus und Stevens, 2013*) ersetzt werden, welches auch in den Modellen ECHAM6 und ICON verwendet wird. Bei Verwendung von PSrad kann beispielsweise die Strahlungswirkung von Methan realistischer (also höher) als bisher simuliert werden, was dem überschätzten Abkühlungseffekt durch die Aerosole in den CMIP6 Simulationen entgegenwirken würde. In Abbildung 1 ist die Strahlungswirkung bei einer Methanerhöhung in zwei verschiedenen EMAC-Konfigurationen im Vergleich zu einer Studie von *Myhre et al. (1998)* zu sehen. Bei Verwendung des bisherigen ECHAM5 Strahlungsschemas („E5rad“) wird die erwärmende Wirkung bei einer Methanerhöhung deutlich unterschätzt, wohingegen bei Verwendung des neu implementierten Strahlungsschemas PSrad das positive Methanforcing gut mit den Werten aus *Myhre et al. (1998)* übereinstimmt.

Durch die Verwendung des neuen Strahlungsschemas war es nötig, die Modellparameter neu einzustellen, um eine realistische Darstellung verschiedener atmosphärischer Variablen zu gewährleisten (Parameteroptimierung). In Abbildung 2 sind einige Ergebnisse der hierfür durchgeführten Simulationen zu sehen. In der ersten Reihe zeigt sich die Auswirkung verschiedener Modellparameter auf die Strahlungsbilanz am Oberrand der Atmosphäre. Ziel ist es, hier eine möglichst geringe Imbalanz für vorindustrielle Zeiten im Bereich von $\sim 0 \text{ W/m}^2$ zu erhalten. Für das Jahr 2000 hingegen ist ein Wert von etwa $+ 1 \text{ W/m}^2$ erstrebenswert. Gleichzeitig ist es auch wichtig, weitere atmosphärische Variablen zu betrachten, die sich ebenfalls bei Variation der Modellparameter verändern. In der zweiten Reihe ist zum Beispiel die langwellige Strahlung zu

sehen, die laut Messdaten (grau schraffierter Bereich) etwa bei $-240 \pm 2 \text{ W/m}^2$ liegen sollte. Die Parametereinstellungen der Simulation Tune-2000-27 (erste Spalte) zeigen für die betrachteten Variablen gute Ergebnisse, so dass wir sehr zuversichtlich sind, mit dem weiterentwickelten Modell in absehbarer Zeit auch die Aerosol-Wolken-Wechselwirkung realistischer darstellen zu können.

From/based on	2xCH4	5xCH4
(EMAC with E5rad) Winterstein et al. 2019 [Wm ⁻²]	0.23	0.51
Myhre et al. 1998 [Wm ⁻²]	0.53	1.55
EMAC with PSrad [Wm ⁻²]	0.56	1.68

Abbildung 1: Strahlungswirkung verschiedener Modellkonfigurationen bei 2-fachen bzw. 5-fachen Methanmischungsverhältnissen.

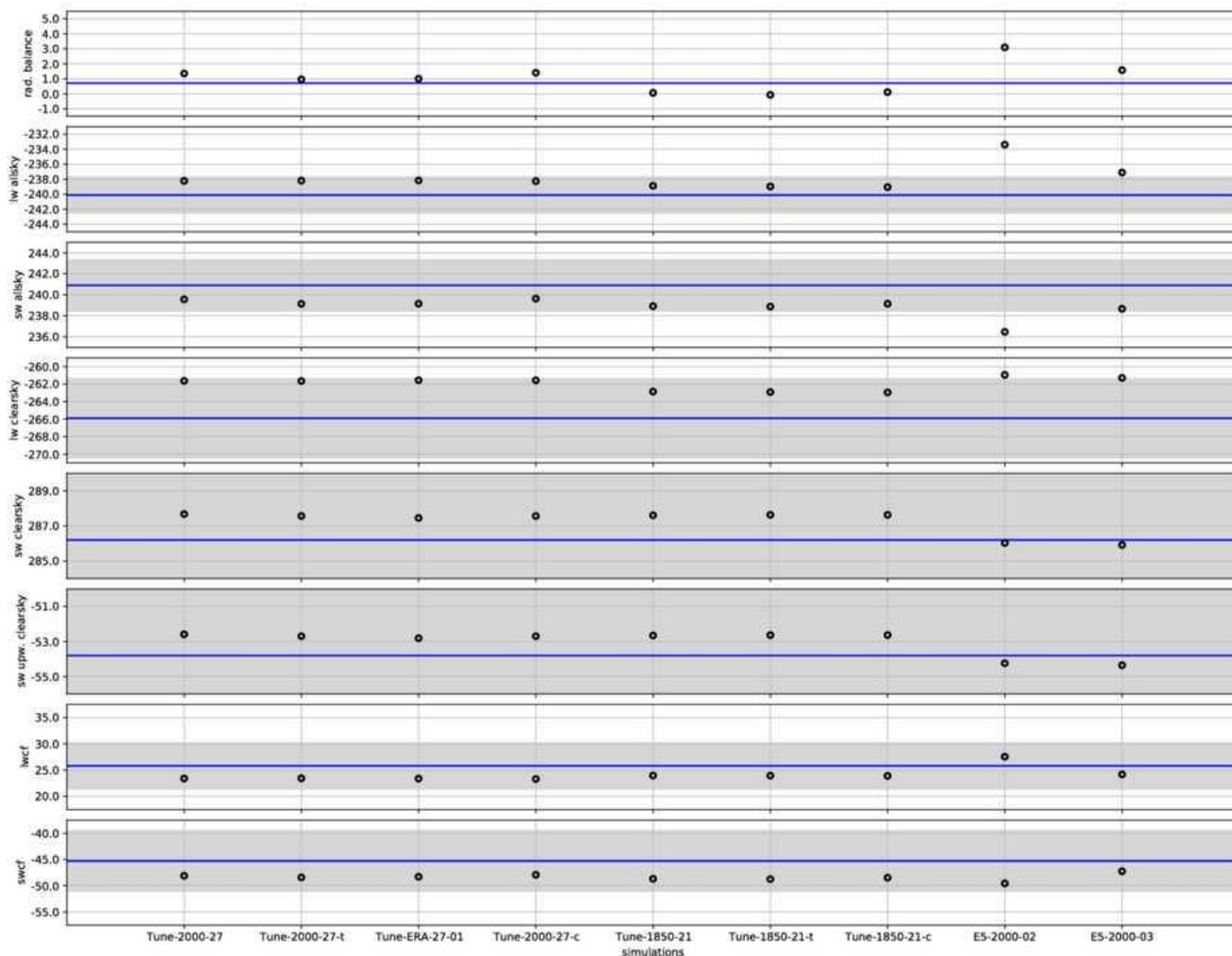


Abbildung 2: Ergebnisse der EMAC Simulationen mit verschiedenen Modellparametereinstellungen für verschiedene atmosphärische Variablen (schwarze Punkte). Die horizontale blaue Linie zeigt den Zielwert für die Modellvariablen. In grau schraffiert sind die Variablenbereiche gezeigt, die sich aus Beobachtungsdaten ergeben.

Die bisher durchgeführten Simulationen für die Parameteroptimierung wurden, auf Grund des ansonsten extrem hohen Ressourcenbedarfs, zunächst ohne gekoppeltes Ozeanmodell und ohne interaktive Chemie / Aerosol durchgeführt, stattdessen wurden für präindustrielle und heutige Zustände entsprechende Klimatologien verwendet. Für die nächste Projektphase sind entsprechende gekoppelte Simulationen zur weiteren Anpassung der Parameter geplant (siehe Antrag), wobei wir hierbei auf die Erfahrungen zu Beginn des Projektes zurückgreifen können.

Literaturangaben:

Myhre, G., et al. (1998) New Estimates of Radiative Forcing Due to Well Mixed Greenhouse Gases. *Geophysical Research Letters*, 25, 2715-2718.
<https://doi.org/10.1029/98GL01908>

Pincus, R., and B. Stevens (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>

Winterstein, F., Tanalski, F., Jöckel, P., Dameris, M., & Ponater, M. (2019): Implication of strongly increased atmospheric methane concentrations for chemistry–climate connections, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 7151–7163, doi: 10.5194/acp-19-7151-2019, URL
<https://www.atmos-chem-phys.net/19/7151/2019/>