

Projekt: 1132

Projekttitel: MIMETIC (Modeling atmospheric METHan for Innovative earth system Chemistry climate research)

Federführende Wissenschaftlerin: Franziska Winterstein

Bewilligungszeitraum: 01.01.2023 - 31.12.2023

1 IRFAM-ClimS (Estimating the Impact of the Radiative Feedback from Atmospheric Methane on Climate Sensitivity)

Im Rahmen des Projektes IRFAM-ClimS wurde während der letzten vier Jahre an einer Doktorarbeit gearbeitet, die Ende dieses Jahres eingereicht werden soll. Das Hauptziel des Projektes ist die Untersuchung der Bedeutung von atmosphärischem Methan (CH_4) als Rückkopplungskomponente im Klimasystem. Dafür wurden bereits in den letzten Bewilligungszeiträumen eine Reihe von Gleichgewichts-Klimasimulationen mit Kohlenstoffdioxid (CO_2) und CH_4 als Strahlungsantrieb durchgeführt. Im letzten Bewilligungszeitraum wurden diese Daten ausgewertet, sowie zusätzliche Strahlungsberechnungen durchgeführt, um den Einfluss individueller physikalischer und chemischer Rückkopplungen auf den Strahlungshaushalt zu quantifizieren.

Die individuellen Rückkopplungen wurden anhand der Partial Radiative Perturbation Method (z. B. Wetherald and Manabe [1988], Rieger et al. [2017]) bestimmt. Diese Methode hat den Vorteil, dass instantane Felder der individuellen Rückkopplungen aus den online Simulationen in die Strahlungsberechnung eingehen. Dies ermöglicht es, Rückkopplungen von zeitlich variablen Prozessen, wie zum Beispiel Wolken, zu bestimmen. Allerdings ist es mit dieser Methode momentan nicht möglich, den Einfluss des von der Störung induzierten Adjustments der Stratosphärentemperatur (stratospheric temperature adjustment) zu berücksichtigen. Deshalb wurden zusätzlich Simulationen mit dem ECHAM/MESSy Atmospheric Chemistry (EMAC) Modell mit Mehrfach-Strahlungsrufen durchgeführt. Zum Beispiel konnte hiermit der Effektive Strahlungsantrieb (ERF) einer CH_4 Störung in die Beiträge einzelner physikalischer und chemischer Prozesse aufgeteilt werden. Diese Aufteilung in den direkten Strahlungsantrieb der CH_4 Störung (RF_{inst}) und in individuelle physikalische und chemische Adjustments ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass bezüglich des stratosphärischen Wasserdampfs (SWV) und Ozon (O_3) die adjustierte Stratosphären-Temperatur einen großen Einfluss auf die Strahlungswirkung hat. Das Adjustment der Störung des SWV ändert sogar das Vorzeichen.

In diesem Projekt spielt die Untersuchung der Strahlungswirkung von CH_4 eine zentrale Rolle. Da das bisher in EMAC standardmäßig genutzte ECHAM5 Strahlungsschema die Strahlungswirkung von CH_4 unterschätzt, haben wir in den letzten Jahren, das überarbeitete Strahlungsmodul von ECHAM6 (PSrad; Pincus and Stevens [2013]) in EMAC eingebaut. Eine Publikation zu diesen Arbeiten wurde vor Kurzem zur Publikation bei Geoscientific Model Development eingereicht. Zum Zeitpunkt dieses Berichts haben wir einen Teil der Gleichgewichts-Klimasimulationen des Projektes IRFAM-ClimS mit PSrad als antreibendes Strahlungsschema wiederholt. Die noch fehlenden Simulationen möchten wir bis Ende dieses Jahres durchführen.

Erste Ergebnisse zeigen, dass das ERF bei der gleichen Störung der CH_4 Emissionen mit dem PSrad Strahlungsschema höher ausfällt. Und zwar liegt es bei etwa 2.36 W m^{-2} im Vergleich zu 1.72 W m^{-2} in der vergleichbaren Simulation mit ECHAM5 Strahlungsschema (siehe Abbildung 1). Eine Aufteilung des ERF in einzelne Beiträge steht für die Simulationen mit PSrad Strahlung noch aus. Unter anderem, erwarten wir Unterschiede bei der direkten Strahlungswirkung von CH_4 , aber auch beim Adjustment von Wolken, da PSrad die Absorption von CH_4 im Kurzwelligen berücksichtigt, was in anderen Modellen zu einem negativen Wolken-Adjustment führt [Smith et al., 2018, Allen et al., 2021]. Aus diesem Grund beantragen wir für den nächsten Bewilligungszeitraum Speicherplatz, um einen Teil der Daten auf /work vorzuhalten, sowie Rechenzeit für zusätzliche Strahlungsberechnungen, um die Ergebnisse detailliert auswerten und veröffentlichen zu können.

2 Inverse Optimierung von Methanemissionskataster

Auch dieses Jahr konnten die Sensitivitätssimulationen bezüglich verschiedener Hydroxylradikal (OH) Mischungsverhältnissen oder Anfangsbedingungen noch nicht durchgeführt werden, da die ersten Ergebnisse der inversen Optimierung noch nicht fertig gestellt wurden. Es wurde eine a priori Vorwärtssimulation durchgeführt

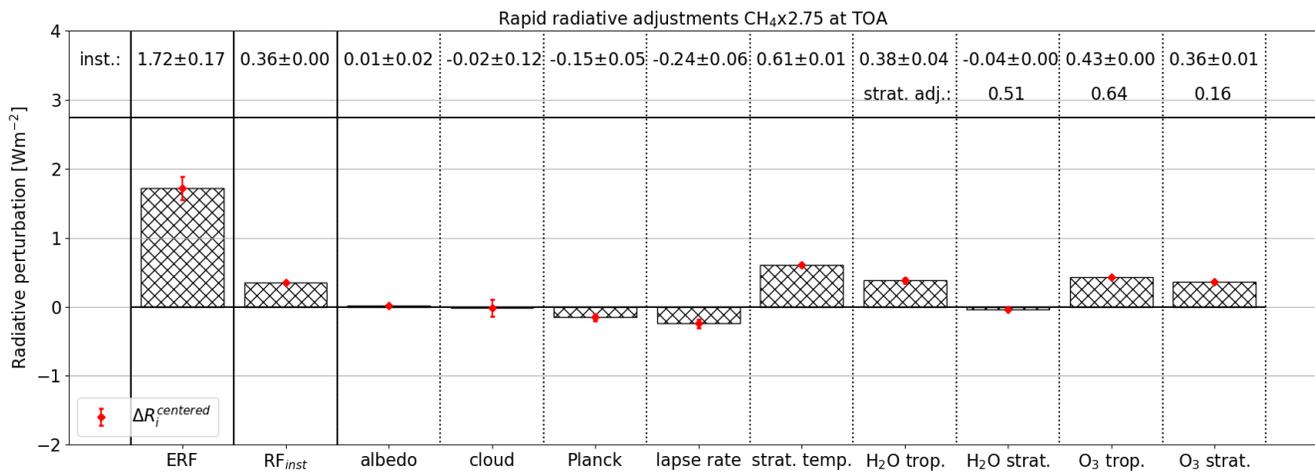


Abbildung 1: Analyse individueller Feedbacks bei einer Erhöhung der CH₄ Emissionen um den Faktor 2.75. Die Fehlerbalken geben das 95% Konfidenzintervall auf Basis der interannualen Standardabweichung an. Die Zahlen oben in der Abbildung geben die jeweiligen Werte des Balkendiagramms an. Für bestimmte Adjustments sind darunter zusätzlich die Werte angeben, wenn der Einfluss des von der Störung induzierten Adjustments der Temperatur in der Stratosphäre (stratospheric temperature adjustment) berücksichtigt wird.

auf deren Ergebnisse die inverse Optimierungsmethode angewandt werden soll. Für diese a priori Vorwärts-simulation wurde eine neue Kollektion an a priori Emissionskataster zusammengestellt, die zum einen einen größeren Zeitraum abdeckt und zum anderen die Anzahl der Emissionsklassen verringert, die für die inverse Optimierung verwendet werden. Diese neue Kollektion von Emissionskatastern verbessert die a priori Schätzung und damit die a posteriori Schätzung durch hoch-aufgelöste aktuelle Emissionskataster für anthropogene Emissionen von EDGAR 6.0, Emissionen aus Feuchtgebieten von LPX-Bern und Emissionen aus Biomassenbrennen von GFEDv4.1. Diese Neugestaltung der Vorwärtssimulation hat sich auf Grund von personellen Engpässen verzögert und führte dazu, dass die Sensitivitätssimulationen aufgeschoben werden mussten.

Literatur

[Allen et al. 2021] Allen, R. J., Horowitz, L. W., Naik, V., et al. Significant climate benefits from near-term climate forcer mitigation in spite of aerosol reductions. *Environ. Res. Lett.*, 2021. doi: 10.1088/1748-9326/abe06b. URL <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abe06b>. 1

[Pincus and Stevens 2013] Pincus, R. and Stevens, B. Paths to accuracy for radiation parameterizations in atmospheric models. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 5(2):225–233, 2013. doi: <https://doi.org/10.1002/jame.20027>. URL <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jame.20027>. 1

[Rieger et al. 2017] Rieger, V. S., Dietmüller, S., and Ponater, M. Can feedback analysis be used to uncover the physical origin of climate sensitivity and efficacy differences? *Climate Dynamics*, 49(7):2831–2844, 2017. doi: doi:10.1007/s00382-016-3476-x. URL <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3476-x>. 1

[Smith et al. 2018] Smith, C. J., Kramer, R. J., Myhre, G., et al. Understanding rapid adjustments to diverse forcing agents. *Geophysical Research Letters*, 0(ja), 2018. doi: 10.1029/2018GL079826. URL <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2018GL079826>. 1

[Wetherald and Manabe 1988] Wetherald, R. T. and Manabe, S. Cloud feedback processes in a general-circulation model. *Journal Of The Atmospheric Sciences*, 45(8):1397–1415, 1988. 1