

Projekt: 1033

Projekttitle: **Luftverkehr, Zirruswolken und Klima (DLR-Institut für Physik der Atmosphäre)**

Federführende Wissenschaftler: **Michael Ponater, Ulrike Burkhardt**

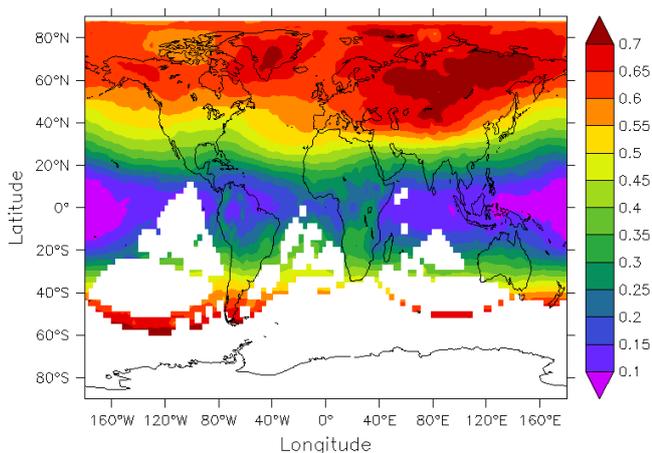
Berichtszeitraum: **1.1.2019 – 31.12.2019**

1 Simulationen zum Einfluss von Rußemissionen auf Kondensstreifen-Zirren

Verantwortlich: Bier (b309107), Burkhardt (b309022)

Obwohl eigentlich keine weiteren Simulationen für dieses Projekt vorgesehen waren, mussten nach Entdeckung eines Fehlers in der Eisknucleationsparametrisierung einige Simulationen wiederholt und erneut ausgewertet werden. ECHAM5-CCMod wurde mit den integrierten Parametrisierungen zur Eisknucleation von Kärcher et al. (2015) und zum Eiskristallverlust während der Wirbelphase von Unterstrasser (2016) für Simulationen mit unterschiedlichen Rußemissionen verwendet, um den Einfluss einer Reduktion der Rußanzahlemissionen auf den Strahlungsantrieb von Kondensstreifen zu bestimmen.

Bei heutigen Rußpartikelemissionen wird in den Extratropen die Eispartikelanzahl in jungen Kondensstreifen durch den Eiskristallverlust während der Wirbelphase kontrolliert. In den Tropen wird dagegen die Eiskristallnucleation aufgrund der höheren Temperaturen stark limitiert, so dass dort die anfängliche Eispartikelanzahl deutlich geringer als in den Extratropen ist (Abb. 1). Daher ergeben sich für optische Dicke und Strahlungsantrieb von Kondensstreifenzirren in den Tropen deutlich geringere Werte als in der vorherigen Studie von Bock & Burkhardt (2016). Eine Reduzierung von Rußemissionen wird teilweise durch den geringeren Eispartikelverlust während der Wirbelphase kompensiert (Unterstrasser, 2016). Bei einer 80%-igen Reduktion von Rußanzahlemissionen verringert sich der globale Strahlungsantrieb von Kondensstreifen-Zirren nur um etwa 40%, d.h. um 10% weniger als beim Vorschreiben einer festen anfänglichen Eiskristallanzahl (Burkhardt et al., 2018). Die Arbeiten werden zur Zeit in dem Paper „Impact of parametrizing the contrail’s jet and vortex phase and contrail cirrus properties and radiative forcing“ zusammengefasst, welches noch dieses Jahr eingereicht werden soll.



nur um etwa 40%, d.h. um 10% weniger als beim Vorschreiben einer festen anfänglichen Eiskristallanzahl (Burkhardt et al., 2018). Die Arbeiten werden zur Zeit in dem Paper „Impact of parametrizing the contrail’s jet and vortex phase and contrail cirrus properties and radiative forcing“ zusammengefasst, welches noch dieses Jahr eingereicht werden soll.

Abbildung 1: Anzahl der Eiskristalle von Kondensstreifen (in 10^{15}) pro kg verbrannten Treibstoffs nach der Wirbelphase für einen Rußemissionsindex von $1,5 \cdot 10^{15} \text{ kg}^{-1}$ im Hauptflugverkehrsniveau (240 hPa).

2 Simulation von Temperaturresponse und Klimasensitivität von Kondensstreifen-Zirren

Verantwortlich: Bickel (b309139) / Ponater (b309003) / Reineke (b309134)

Ziel eines dezidierten internen DLR-Projektes ist es, den effektiven Strahlungsantrieb (ERF, Forster et al., 2016) und die Klimawirkungseffizienz („efficacy“, Hansen et al., 2005) von Kondensstreifen-Zirren (KSZ) zu bestimmen, darüber hinaus aber auch eine physikalische Erklärung für Abweichungen im globalen Responseverhalten vom Referenzfall einer CO_2 -Erhöhung zu liefern. Im Antragszeitraum wurde zunächst der in 2017/18 simulierte Satz von Klimaänderungssimulationen mit vorgeschriebener Meeresoberflächentemperatur (SST) ausgewertet und als Publikation eingereicht (Bickel et al. 2019). Dabei kam es zu Verzögerungen gegenüber den im Antrag für 2019 beschriebenen Arbeiten, da verschiedenen Gutachterwünschen durch zusätzliche Auswertungen Rechnung getragen werden musste. Dies hat insbesondere den Vergleichsfall der Klimarückkopplungen („rapid radiative adjustments“) im CO_2 -Fall betroffen, wo die signifikanten Unterschiede zu den KSZ-Simulationen überzeugender dargestellt werden mussten (Abbildung 2).

Zu erwähnen ist zudem eine weitere im Berichtszeitraum entstandene Publikation, die für das obige Projekt grundlegende Ergebnisse zum Strahlungsantrieb von KSZ auf der Basis eines Katasters für den zukünftigen Luftverkehr im Jahr 2050 dokumentiert (Bock und Burkhardt, 2019).

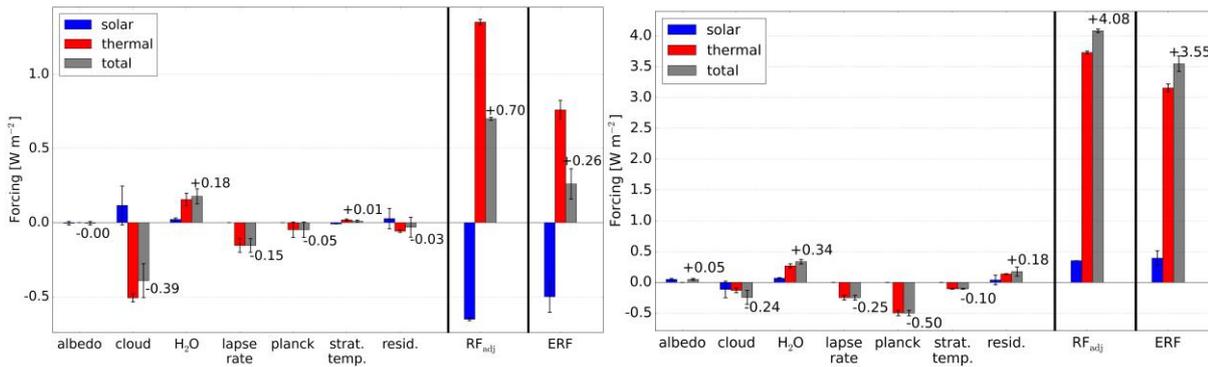


Abbildung 2: Analyse schneller Rückkopplungen (*rapid radiative adjustments*) aus Simulationen mit KSZ (links) und CO₂-Erhöhung (rechts) als Strahlungsantrieb, jeweils mit vorgeschriebener SST durchgeführt. Der negative Rückkopplungseffekt durch natürliche Wolken ist im KSZ-Fall deutlich höher, was eine starke Reduktion des effektiven (ERF) gegenüber dem konventionellen Strahlungsantrieb (RF_{adj}) hervorruft.

Die Arbeiten zur Umstellung des für die genannten Publikationen verwendeten Modells auf das EMAC/MESy Modellsystem, in dessen Rahmen die zur Bestimmung der Klimawirkungseffizienz nötigen Gleichgewichtsklimasimulationen (nach Ankopplung eines Deckschichtozeanmoduls) durchgeführt werden sollen, konnten erst im 4. Quartal des Berichtszeitraums weitergeführt werden. Ergebnisse dazu liegen daher noch nicht vor.

3 Darstellung von dünnen Eiswolken im Klimamodell

Verantwortlich: Arka (b309102) / Burkhardt (b309022)

Im Berichtszeitraum wurden Simulationen des ICON-GCM mit Beobachtungsdaten und ICON-LEM Ergebnissen verglichen. ICON-LEM Daten wurden genutzt, um die Totale-Wasser Variabilität zu analysieren, welche im ICON-GCM parametrisiert werden muss. Dabei ging es insbesondere um die Tendenz der Schiefe der PDF aufgrund von Konvektion. Die verbesserte Parametrisierung wurde anschließend in dezidierten Klimasimulationen getestet. Dabei zeigte sich, dass die Schiefe sehr stark variiert (Abbildung 3), wenn unterschiedliche Annahmen zum Einfluss von Konvektion auf die Schiefe der PDF gemacht werden. Diese Analysen zeigten auf, dass es vordringlicher ist eine bessere Parametrisierung für die konvektiven Tendenzen der Momente der PDF des totalen Wassergehalts zu entwickeln, als Simulationen mit unterschiedlichen Auflösungen durchzuführen. Die Analysen der ICON-LEM Simulationen legen nahe, dass eine Parametrisierung der konvektiven Tendenzen den Wolkenbedeckungsgrad mit berücksichtigen sollte. An einer solchen Parametrisierung wird zur Zeit gearbeitet.

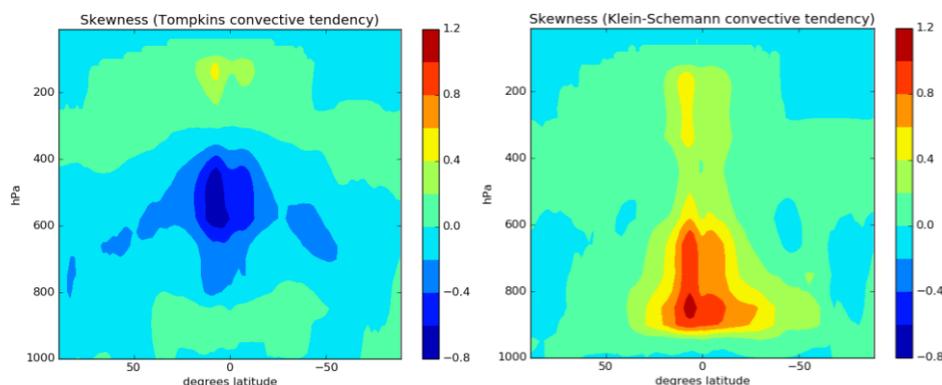


Abbildung 3: (Links) Zonales Mittel der Schiefe der totalen-Wasser-PDF für das Wolkenchema von Tompkins bei Benutzung der konvektiven Tendenz nach Tompkins (2002). (Rechts): Bei Benutzung der konvektiven Tendenz nach Schemann (2013).

Entstandene Publikationen:

Bickel, M., Ponater, M., Bock, L., Burkhardt, U., Reineke, S., 2019: Effective radiative forcing of contrail cirrus, accepted by J. Climate.

Bier, A., & Burkhardt, U., 2019: Variability in contrail ice nucleation and its dependence on soot

number emissions, *J. Geophys. Res. Atmos.* 124, 3384-3400.

Bier, A., & Burkhardt, U., 2020: Impact of parametrizing the contrail's jet and vortex phase and contrail cirrus properties and radiative forcing, *J. Geophys. Res. Atmos.*, in preparation.

Bock, L., Burkhardt, U., 2019: Contrail cirrus radiative forcing for future air traffic, *Atmos. Chem. Phys.* 19, 8163-8174.

Sonstige Referenzen:

Bock, L., and Burkhardt, U. (2016). Reassessing properties and radiative forcing of contrail cirrus using a global climate model. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 121(16), 9717–9736.

Burkhardt, U., Bock, L, and Bier, A. (2018). Mitigating the contrail cirrus climate impact by reducing aircraft soot number emissions. *npj Climate and Atmospheric Science*, 37, 1–7.

Forster, P., et al., 2016: Recommendations for diagnosing effective radiative forcing from climate models for CMIP6, *J. Geophys. Res. Atmos.* 121, 12460-12475.

Hansen, J., et al., 2005: Efficacy of climate forcings, *J. Geophys. Res.* 110, D18104.

Kärcher, B., Burkhardt, U., Bier, A., Bock, L. and Ford, I. J., 2015: The microphysical pathway to contrail formation, *J. Geophys. Res. Atmos.* 120, 7893–7927.

Schemann, V., 2013: Towards a scale aware cloud process parameterization for global climate models, PhD Thesis, MPI-Hamburg.

Tompkins, A., 2002: A prognostic parameterization for the subgrid-scale variability of water vapor and clouds in large-scale models and its use to diagnose cloud cover, *J. Atmos. Sci.* 59, 1917-1942.

Unterstrasser, S., 2016: Properties of young contrails—A parametrisation based on large-eddy simulations. *Atmos. Chem. Phys.* 16, 2059–2082.