

Projekt: 1033

Projekttitle: **Luftverkehr, Zirruswolken und Klima (DLR-Institut für Physik der Atmosphäre)**Federführende Wissenschaftler: **Dr. Michael Ponater, Dr. Ulrike Burkhardt**Berichtszeitraum: **1.1.2018 - 31.12.2018**

1 Simulationen zum Einfluss von Rußemissionen auf Kondensstreifen-Zirren

Verantwortlich: Bier (b309107), Burkhardt (b309022)

In diesem Berichtszeitraum ist ECHAM5-CCMod mit der integrierten Eisknucleationsparametrisierung innerhalb von Kondensstreifen von Kärcher et al. (2015) nochmals für einige Simulationen eingesetzt worden, um das Manuskriptes zur „Variabilität der Eiskristallbildung von Kondensstreifen und deren Abhängigkeit von Rußpartikelemissionen“ (s.u.) fertig zu stellen. Dabei sollte die Unsicherheit der Eiskristallbildung aufgrund von Fehlern bei der Simulation der Temperatur in der oberen Troposphäre abgeschätzt werden. Während in den Extratropen in der Regel mehr als 90% der emittierten Rußpartikel Eiskristalle bilden, ist die Eiskristallbildung in den Tropen aufgrund der höheren Temperaturen häufig deutlich limitiert.

Für zwei weitere Publikation (Bier und Burkhardt, 2018b, Burkhardt et al., 2018, s.u.) wurden noch zusätzliche Simulationen mit unterschiedlichen Rußpartikelemissionen (durch alternative Treibstoffe) durchgeführt. Der Primäreffekt der reduzierten Rußemissionen wird teilweise durch den geringeren Eispartikelverlust während der Wirbelphase kompensiert (Unterstrasser, 2016).

Eine 80%-ige Reduktion der Rußemissionen bewirkt in den nördlichen Extratropen eine Verringerung der anfänglichen Eiskristallanzahl von Kondensstreifen um etwa 70% (Abb. 1). so dass sich der globale Strahlungsantrieb von Kondensstreifen-Zirren nur um etwa 40% verringert, d.h. 10% weniger als beim Vorschreiben einer festen anfänglichen Eiskristallanzahl (Burkhardt et al., 2018).

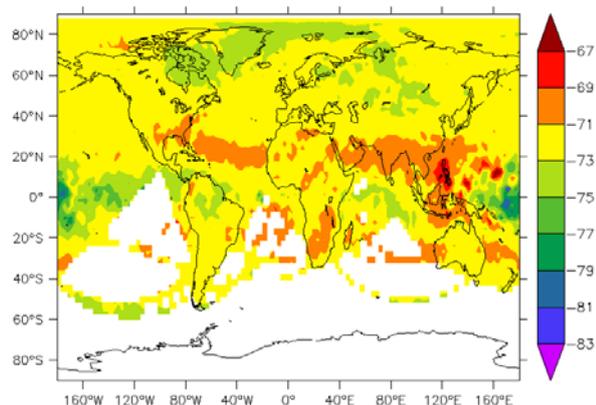


Abbildung 1: Prozentuale Änderung der Eispartikelanzahl in Kondensstreifen nach der Wirbelphase im Hauptflugverkehrsniveau (240 hPa) bei einer 80%-igen Reduktion der Rußpartikelemissionen.

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 CO₂-Erhöhung zu liefern. Im Antragszeitraum wurde zunächst der in 2017 begonnene Satz von Klimaänderungssimulationen mit vorgeschriebener Meeresoberflächentemperatur (SST) vervollständigt, einmal mit KSZ, dann mit CO₂-Erhöhung als Strahlungsantrieb. Die Reduktion des ERF gegenüber dem konventionellen Strahlungsantriebs ist bei KSZ (mehr als 60%) erheblich stärker als im CO₂-Fall (ca. 20%). Bei einem (konventionellen) Strahlungsantrieb von 0.5 Wm⁻² oder höher (was durch Skalierung der Luftverkehrs erreicht wird) kann in den KSZ-Simulationen die Reduktion des ERF durch Analyse der schnellen Rückkopplungen („rapid adjustments“, Vial et al., 2013) konsistent erklärt werden. Der dominierende Effekt bei der Verminderung des ERF von KSZ ist dabei eine signifikante negative Rückkopplung von Seiten der natürlichen Wolken (Abb. 2, rechts oben). In den Simulationen wird ein großer Teil des Bedeckungsgradzuwachses und Strahlungsantriebs durch KSZ auf Grund von abnehmender Bedeckung mit natürlichen hohen Wolken kompensiert.

Es gibt aber auch Beiträge zur negativen Rückkopplung durch zunehmende mittelhohe Wolken. Signifikante Strahlungsrückkopplungen (negativ bzw. positiv) ergeben sich auch aus den „lapse rate“- und der Wasserdampfänderungen (Abb. 2, unten), die sich jedoch ungefähr ausgleichen.

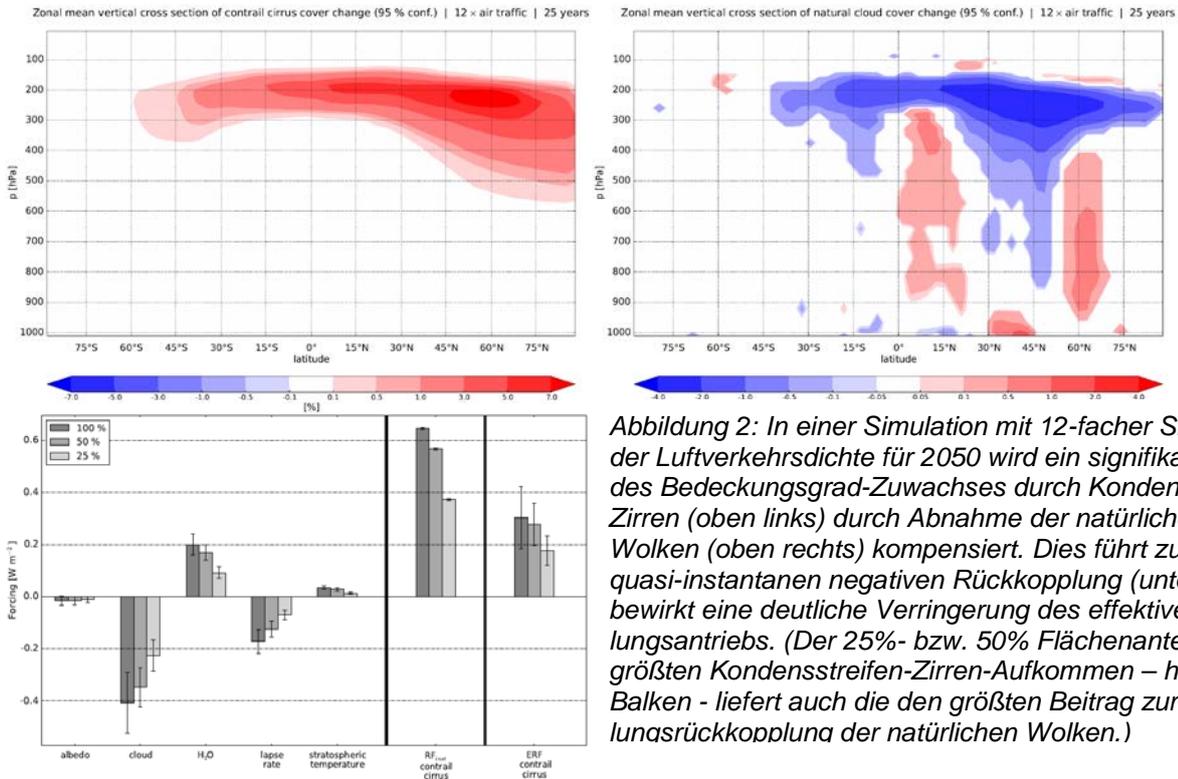


Abbildung 2: In einer Simulation mit 12-facher Skalierung der Luftverkehrsdichte für 2050 wird ein signifikanter Teil des Bedeckungsgrad-Zuwachses durch Kondensstreifen-Zirren (oben links) durch Abnahme der natürlichen hohen Wolken (oben rechts) kompensiert. Dies führt zu einer quasi-instantanen negativen Rückkopplung (unten) und bewirkt eine deutliche Verringerung des effektiven Strahlungsantriebs. (Der 25%- bzw. 50% Flächenanteil mit dem größten Kondensstreifen-Zirren-Aufkommen – hellgraue Balken - liefert auch die den größten Beitrag zur Strahlungsrückkopplung der natürlichen Wolken.)

Dieser Teil der Simulationen und Analysen ist damit abgeschlossen und wird bis Ende 2018 zur Publikation eingereicht. Das Modellsystem wird nun zwecks Bestimmung der Klimawirkungseffizienz im Rahmen von EMAC/MESSy einsatzfähig gemacht (u.a. Anpassung des Deckschichtenmoduls). Die Arbeiten sind im Gange und werden im nächsten Antragszeitraum fortgesetzt.

3 Darstellung von dünnen Eiswolken im Klimamodell

Verantwortlich: Arka (b309102) / Burkhardt (b309022)

In 2018 wurde das Tompkins-Eiswolkenschema ausführlich getestet. Wie erwartet ergab sich eine starke Änderung der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (PDF) des totalen Wassers durch das von uns neu eingeführte Eiswolkenschema. Von besonderem Interesse war die Parametrisierung der Schiefe (Abb. 3) der totalen-Wasser-Verteilung im Wolkenschema. Mehrere lange Simulationen wurden durchgeführt, um die Stabilität des Tompkins-Eiswolkenschemas (Tompkins, 2002) mit unterschiedlichen Schiefeparametrisierungen zu untersuchen. Durch Vergleiche der zeitlichen Entwicklung der Momente der totalen-Wasser-PDF, insbesondere mit hochauflösenden Simulationen, wird zurzeit die Parametrisierung für das Klimamodell ICON verbessert.

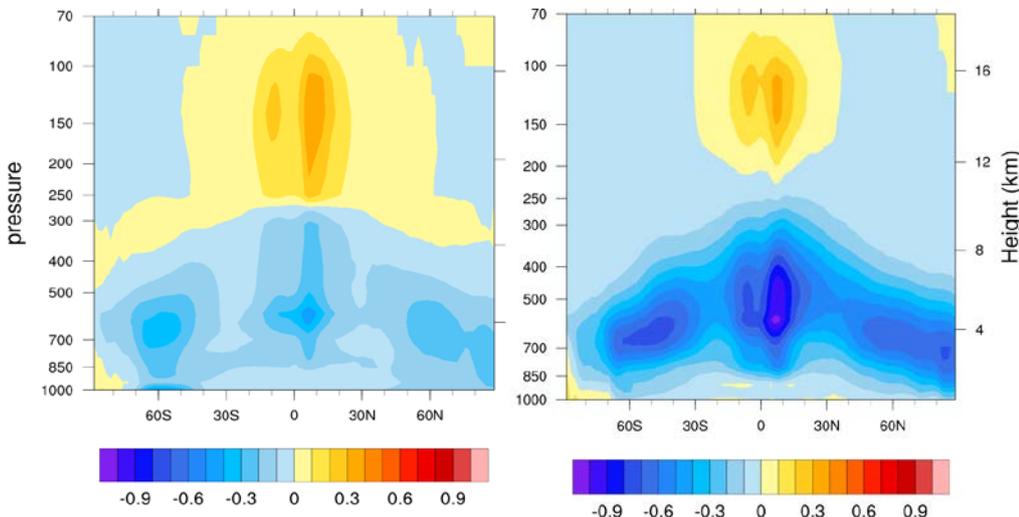


Abbildung 3: (Links) Zonales Mittel der Schiefe der totalen-Wasser-PDF für das Wolkenschema von Tompkins mit Eiswolken-Makrophysik. (Rechts): Ebenso, jedoch für das Tompkins-Schema ohne Eiswolken-Makrophysik.

Entstandene Publikationen:

Bickel, M., Ponater, M., Bock, L., Reineke, S., 2017: Effective radiative forcing of contrail cirrus, to be submitted.

Bier, A., 2018: Einfluss von Rußpartikelemissionen auf die Eiskristallbildung, Eigenschaften, Lebenszyklen und Klimawirkung von Kondensstreifenzirren, Dissertation an der LMU München, DLR-Forschungsbericht 2018-05,125pgs, ISSN 1434-8454.

Bier, A., & Burkhardt, U., 2018a: Variability in contrail ice nucleation and its dependence on soot number emissions, J. Geophys. Res. Atmos., under review.

Bier, A., & Burkhardt, U., 2018b: Influence of reduced soot number emissions on global contrail cirrus properties and radiative forcing, in preparation.

Burkhardt, U., Bock, L., & Bier, A., 2018: Mitigating the contrail cirrus climate impact by reducing aircraft soot number emissions. npj Clim. Atmos. Sci., 1, 1-7.

Sonstige Referenzen:

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.

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.

Vial, J., et al., 2013: On the interpretation of intermodal spread in CMIP5 climate sensitivity estimates, Clim. Dyn. 41, 3339-3362.

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