

Projekt: **1033**

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

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

Berichtszeitraum: **1.1.2017 - 31.12.2017**

1 Simulationen zum Einfluss von Rußemissionen auf Kondensstreifen-Zirren

Verantwortlich: Bier (b309107), Burkhardt (b309022)

In diesem Berichtszeitraum wurden globale Simulationen zur Eiskristallbildung, Eigenschaften und Klimawirkung von Kondensstreifen-Zirren durchgeführt. Während in früheren Studien (z.B. Bier et al., 2017) eine feste anfängliche Eiskristallanzahl vorgeschrieben wurde, wurde für die neuen Experimente die Parametrisierung der anfänglichen Eiskristallanzahl von Kondensstreifen in Abhängigkeit von Flugzeug-Rußemissionen, Atmosphärenzustand und Hintergrundaerosolpartikeln (Kärcher et al., 2015) in ECHAM5-CCmod implementiert und mit Testläufen validiert.

Die anfängliche Eiskristallanzahl von Kondensstreifen wird deutlich reduziert, wenn Kondensstreifen nahe an ihrem Bildungskriterium entstehen, da nur ein bestimmter Anteil der vom Flugzeug emittierten Rußpartikel Eiskristalle bilden kann. Die Berücksichtigung der neuen Parametrisierung wirkt sich in solchen Situationen stark auf die Eigenschaften der Kondensstreifen-Zirren aus. Am deutlichsten ist der Effekt bei höherer Umgebungstemperatur in den tropischen Regionen, sofern Kondensstreifen entstehen können.

Im Rahmen der Studien wurde der Einfluss von um 80% verringerten Rußpartikelemissionen auf die Eigenschaften und Klimawirkung von Kondensstreifen-Zirren untersucht. Der global gemittelte Bedeckungsgrad sichtbarer Kondensstreifen-Zirren verringert sich um 75%. Die stärksten Reduktionen (Abb. 1) treten in denjenigen Regionen auf, in die Kondensstreifen-Zirren hauptsächlich durch Transport gelangen, d.h. östlich der Maxima über dem Südosten der USA und Mitteleuropa. Der globale Netto-Strahlungsantrieb von Kondensstreifen-Zirren wird um 57% reduziert. Ein Sensitivitätsexperiment mit einer 50%-igen Reduktion der Rußpartikelemissionen hat eine Verringerung der Klimawirkung um 25% ergeben, was auf die nichtlineare Beziehung zwischen Strahlungsantrieb und der Anzahl der emittierten Rußpartikel hinweist.

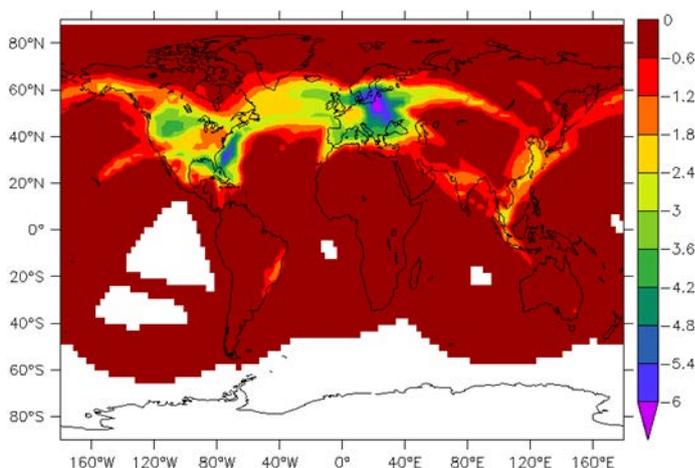


Abbildung 1: Differenz im überlappten, gescherten Bedeckungsgrad [%] von Kondensstreifen-Zirren (sichtbar, mit optischer Dichte > 0,05) zwischen zwei Modellläufen mit geringen und hohen Rußpartikelemissionen.

2 Simulation von Temperaturresponse und Klimasensitivität von Kondensstreifen-Zirren

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

Die Arbeiten erfolgen im Rahmen eines dezidierten internen DLR-Projektes. Ziel ist die Bestimmung der Klimawirkungseffizienz („efficacy“, Hansen et al., 2005) von Kondensstreifen-Zirren als notwendige Zusatzinformation bei der Abschätzung der Wirkung auf die bodennahe Temperatur. Als erster Schritt wurde im Antragszeitraum der effektive Strahlungsantrieb (ERF, z.B. Forster et al., 2016) der Kondensstreifen-Zirren aus Simulationen mit fixer Meeresoberflächentemperatur bestimmt. Wegen der statistischen Unsicherheit des ERF war hierzu der Antrieb (d.h. der Luftver-

kehr) substantiell zu skalieren. Eine systematische Nicht-Linearität in der Abhängigkeit zwischen Strahlungsantrieb und Luftverkehrsdichte setzt der Skalierbarkeit gewisse Grenzen (Abb. 1).

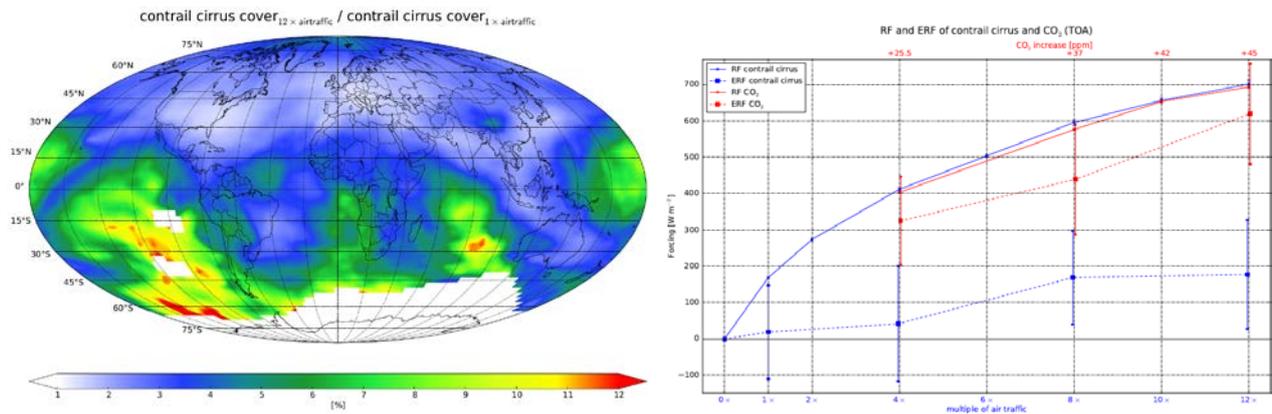


Abbildung 2: Kondensstreifen-Zirren und effektiver Strahlungsantrieb in Simulationen mit überhöhtem Luftverkehr. Links: Bei Skalierung des Luftverkehrs (hier: Faktor 12) treten Nicht-Linearitäten in Regionen auf, in denen bereits im Referenzzustand (2050) hohe Bedeckung mit Kondensstreifen-Zirren herrscht. Rechts: In den hoch skalierten Simulationen ist die signifikante Reduktion des ERF (gestrichelt) von Kondensstreifen-Zirren (blau) gegenüber dem herkömmlichen Strahlungsantrieb (RF) deutlich größer als für einen CO₂-induzierten Strahlungsantrieb (rot).

Die Skalierungssimulationen zeigen für die Kondensstreifen-Zirren konsistent eine Reduktion des ERF gegenüber dem herkömmlichen Strahlungsantrieb von mehr als 60%. Diese Reduktion ist weit größer als bei CO₂-getriebenen Simulationen mit vergleichbar großem Strahlungsantrieb (Abb. 1, rechts); sie unterstützt die Arbeitshypothese einer verringerten Klimawirkungseffizienz bei Kondensstreifen-Zirren. Erste Analyse der Strahlungsrückkopplungen ergibt, dass der geringe ERF vor allem auf eine schnelle Anpassung der natürlichen Wolken an die Anwesenheit der Kondensstreifen-Zirren zurückzuführen ist, doch scheinen auch andere Rückkopplungen bei der Gesamt-Reduktion des ERF mitzuwirken. Die Arbeiten an dem bis 2020 laufenden Projekt werden mit der Ankopplung eines Deckschichtozeanmodells fortgesetzt.

3 Darstellung von dünnen Eiswolken im Klimamodell

Verantwortlich: Arka (b309102) / Burkhardt (b309022)

In 2017 konnten die geplanten Simulationen nur in Auflösung R2B04 durchgeführt werden, da nur für die letzte ICON-Version Randbedingungen zur Verfügung stehen. Deswegen müssen die Entwicklungsarbeiten am Tompkins'schen Wolken schemas mit Eiswolken-Makrophysik zunächst in ICON 2.0.00 implementiert werden, bevor dann Läufe in höheren Auflösungen möglich sind.

Mit der Auswertung der globalen Simulationen wurde bereits begonnen. Die Eiswolkenbedeckung ist, wie erwartet, im Vergleich zu einer Referenzsimulation verringert. In Abb. 3 wird die Übersättigungshäufigkeit im ICON-GCM Modell mit neuer Eiswolken-Makrophysik mit entsprechenden gemessenen Häufigkeiten des AIRS-Instruments verglichen. Die Verteilung der Übersättigung ähnelt den Beobachtungsdaten, das Modell unterschätzt aber die Übersättigung in Gegenden mit stärkerer Eiswolkenbedeckung. Die Gründe dieser Diskrepanz werden zur Zeit untersucht.

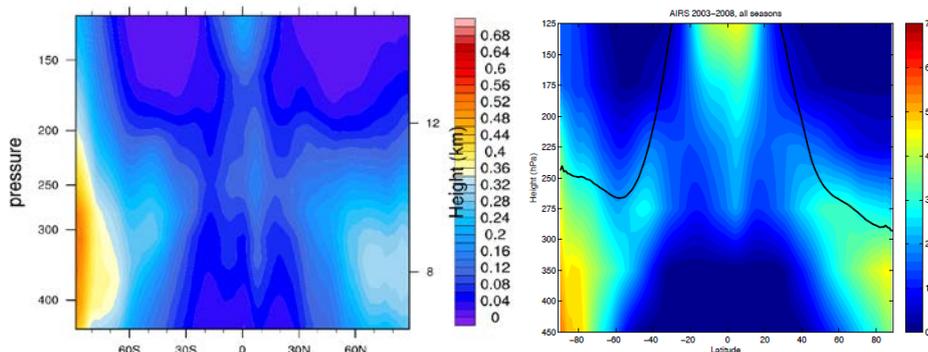


Abbildung 3: Häufigkeit von Eisübersättigung (zonal gemittelt) in ICON-GCM (links), Auflösung R2B04 und in AIRS (rechts, Lamquin et al., 2012)

Entstandene Publikationen:

Bier, A., Burkhardt, U., Bock, L., 2017: Synoptic control of contrail cirrus life cycles and their modification due to reduced soot number emissions, J. Geophys. Res. Atmos., in press, doi: 10.1002/2017JD027011.

Burkhardt, U., Bock, L., Bier, A., 2017: Mitigating the contrail cirrus climate impact by reducing aircraft soot number emissions, submitted.

Bier, A., Burkhardt, U., 2017: Influence of reduced soot number emissions on contrail cirrus ice crystal formation, properties and radiative forcing, in preparation.

Bickel, M., Ponater, M., Bock, L., Reineke, S., 2017: Effective radiative forcing of contrail cirrus, in preparation.

Sonstige Referenzen:

Kärcher, B., Burkhardt, U., Bier, A., Bock, L., and Ford, I.J., 2015: The microphysical pathway to contrail formation, J. Geophys. Res. Atmos., 120 (15), 7893–7927.

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.

Lamquin, N., Stubenrauch, C. J., Gierens, K., Burkhardt, U., Smit, H., 2012: A global climatology of upper-tropospheric ice supersaturation occurrence inferred from the Atmospheric Infrared Sounder calibrated by MOZAIC, Atmos. Chem. Phys., 12, 381-405.