

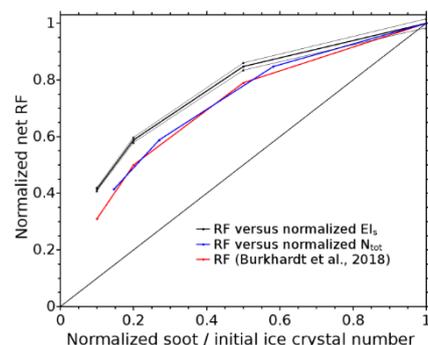
Project: 1033
Project title: Luftverkehr, Zirruswolken und Klima (DLR-Institut für Physik der Atmosphäre)
Project leader: Michael Ponater, Ulrike Burkhardt
Report period: 01.01.2020 – 31.12.2020

1 Simulationen zum Einfluss von Rußemissionen auf Kondensstreifen-Zirren

Verantwortlich: Bier (b309107), Burkhardt (b309022)

In diesem Projekt wurde ECHAM5-CCMod mit den Parametrisierungen zur Eisnukleation von Kärcher et al. (2015) und zum Eiskristallverlust während der Wirbelphase von Unterstrasser (2016) für Simulationen mit unterschiedlichen Rußemissionen verwendet, um den Einfluss der Anzahl der emittierten Rußpartikel auf den Strahlungsantrieb von Kondensstreifen zu bestimmen. Die durchgeführten Simulationen wurden für die Abschätzung der Unsicherheit des Klimaeinflusses von Kondensstreifenzirren aufgrund der Unsicherheit und Variabilität in den Rußanzahlemmissionen verwendet (Lee et al., 2020).

In Burkhardt et al. (2018) hatten wir gezeigt, dass der Strahlungsantrieb von Kondensstreifenzirren nichtlinear von der Anzahl der emittierten Eiskristalle abhängt. Bei zusätzlicher Berücksichtigung der geographischen Variabilität der Eisnukleation (Bier und Burkhardt, 2019) und des Eiskristallverlustes innerhalb der Vortexphase bestätigte sich dieser nichtlineare Zusammenhang. Es zeigte sich aber auch, dass der Eiskristallverlust in der Vortexphase der Limitierung der anfänglichen Eiskristallanzahl aufgrund der Reduktion der Rußanzahlemmissionen entgegenwirkt. Bei hohen Rußanzahlemmissionen nukleieren viele Eiskristalle in Kondensstreifen, sind daher kleiner und sublimieren schneller innerhalb der Vortexphase, was die Reduktion der Eiskristalle aufgrund von reduzierten Rußanzahlemmissionen



teilweise kompensiert (Abb. 1). Nach einer weiteren erfolgten Überprüfung der Eisnukleationsparametrisierung im LES sollen die Arbeiten mit der dazugehörigen Publikation (Bier and Burkhardt in preparation) in 2021 abgeschlossen werden.

Abbildung 1: Netto-Strahlungsantrieb in Abhängigkeit von anfänglichen Eiskristallanzahlen (blau und rot) und Rußanzahlemmissionen (schwarz). Alle Werte wurden mit den jeweiligen Werten für heutige mittlere Rußanzahlemmissionen von $1,5 \cdot 10^{15} \text{ kg}^{-1} \text{ fuel}$ normiert.

2 Simulation von Temperaturresponse und Klimasensitivität von Kondensstreifen-Zirren

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

Ziel eines 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 die physikalischen Ursachen für Abweichungen im globalen Responseverhalten vom Referenzfall einer CO₂-Erhöhung zu liefern. Im bisherigen Projektverlauf wurden Klimaänderungssimulationen mit vorgeschriebener Meeresoberflächentemperatur (SST) durchgeführt. Bickel et al. (2020) dokumentiert einen reduzierten ERF (im Vergleich zum instantanen Strahlungsantrieb) der KSZ.

Im Berichtszeitraum wurden weitere vorbereitende Auswertungen für die geplanten Simulationen mit angekoppeltem Deckschichtozean durchgeführt. Es zeigt sich dass die Reduktion des ERF mit einer Reduktion des Erwärmungseffektes der KSZ in der oberen Troposphäre einhergeht, während die zum ERF gehörenden schnellen Rückkopplungen („rapid adjustments“) in der Atmosphäre den Erwärmungseffekt in der unteren Troposphäre eher verstärken (Abb.2). Die entsprechenden Ergebnisse wurden zur Publikation eingereicht (Ponater et al., 2020).

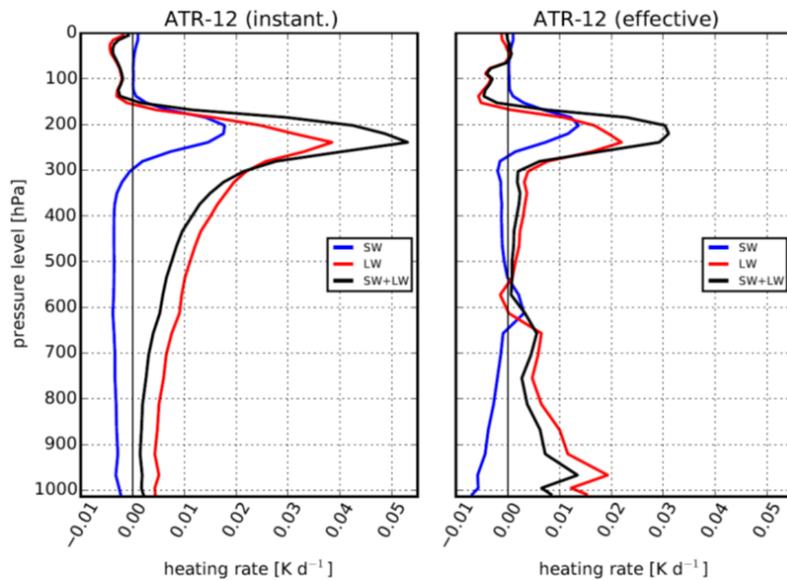


Abbildung 2:
Strahlungserwärmungsraten (in K/d) durch Kondensstreifen-Zirren in den Simulationen mit 12-fach überhöhtem Luftverkehr. (links) global mittleres Vertikalprofil des instantan induzierten Effekts im kurzwelligen (SW) und langwelligen (LW) Spektralbereich. (rechts) zusätzlich Effekt der schnellen Rückkopplungen (d.h., mit festgehaltener Meeresoberflächentemperatur).

Die Arbeiten zur Umstellung des für die oben beschriebenen

Publikationen verwendeten ECHAM5-Modells (Bock und Burkhardt, 2016) auf das EMAC-Modellsystem zur Durchführung der Simulationen mit Deckschichtozean erwiesen sich als wesentlich langwieriger als geplant, u.a. weil EMAC ein anderes Wolkenmodul (Kuebbeler et al., 2014) und ein anderes Modul für die Simulation der Hintergrund-Aerosolverteilen (MADE3, Righi et al., 2020) verwendet als ECHAM5, was ein neues Tuning des Modells notwendig machte. Aus diesem Grund konnten im Berichtszeitraum noch keine Resultate für die Klimawirkungseffizienz von KSZ aus den gekoppelten Atmosphäre-Ozean-Simulationen erzielt werden. Die Durchführung dieser Simulationen ist jetzt für 2021 geplant.

3 Darstellung von dünnen Eiswolken im Klimamodell

Verantwortlich: Arka (b309102) / Burkhardt (b309022)

Im Berichtszeitraum wurden innerhalb des internen MABAK Projektes Simulationen des ICON-LEM mit Beobachtungsdaten evaluiert. Diese Arbeit unterstützte die Arbeiten, die in unserem HD(CP)2 Projekt durchgeführt wurden, insbesondere die Arbeiten zur Evaluation der LEM Simulationen. Neben den Publikationen von Stevens et al (2020) und Costa-Suros et al (2020) profitierte vor allen Dingen die Evaluation der Simulation starker konvektiver Ereignisse über Deutschland. Die zugehörige Publikation (Rybka et al., 2020) befindet sich zurzeit noch in der Review.

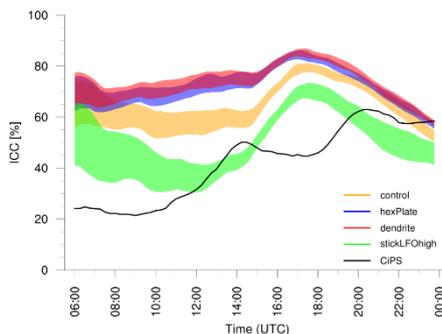


Abb. 3 Entwicklung des Zirrusbedeckungsgrades für ein konvektives Event über Deutschland in Abhängigkeit der im Modell vorgeschriebenen Mikrophysik.

Die Verbesserung der Zirrus-Parametrisierung bzw. der konvektiven Tendenz der Zirrusbewölkung konnte leider nicht zu Ende geführt werden aufgrund einer langwierigen Krankheit, einer mit Covid verbundenen unzureichenden Kinderbetreuung und des Auslaufens des Vertrags von Frau Arka. Es soll im nächsten Jahr versucht werden die Arbeiten zu einem runden Abschluss zu bringen.

Entstandene Publikationen:

Bickel, M., Ponater, M., Bock, L., Burkhardt, U., Reineke, S., 2020: Effective radiative forcing of contrail cirrus, J. Clim.,33, 1991-2005.

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.

Lee, D.L., Fahey, W., Skowron, A., Allen, M.R., Burkhardt, U., Chen, Q., Doherty, S.J., Freeman, S., Forster, P.M., Fuglestvedt, J.S., Gettelman, A., de Leon, R.R., Lim, L.L., Lund, M.T., Millar, R.J., Owen, B., Penner, J.E., Pitari, G., Prather, M.J., Sausen, R., Wilcox, L.J., 2020: The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing from 2010 to 2018, *Atmos. Environ.*, online first available, doi:10.1016/j.atmosenv.2020.817134.

Ponater, M., Bickel, M., Burkhardt, U., Bock, L., 2020: Towards determining the efficacy of contrail cirrus, *Aerospace*, submitted.

Rybka, H., U. Burkhardt, M. Köhler, I. Arka, L. Bugliaro, U. Görsdorf, Á. Horváth, C. I. Meyer, J. Reichardt, A. Seifert, and J. Strandgren - The behavior of high-CAPE summer convection in large-domain large-eddy simulations with ICON, *ACPD*, in review.

Stevens, B., and HDCP2 - Added Value Team (including Arka and Burkhardt), *Journal of the Meteorological Society of Japan, Large-eddy and storm resolving models for Climate Prediction - The Added Value for Clouds and Precipitation*, 2020.

Costa-Surós, M. et al (including Burkhardt) - Detection and attribution of aerosol-cloud interactions in large-domain large-eddy simulations with ICON, 2020.

Sonstige Referenzen:

Bier, A., & Burkhardt, U., 2019: Variability in contrail ice nucleation and its dependence on soot *J. Geophys. Res. Atmos.* 124, 3384-3400.

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.

Kuebbeler, H., Lohmann, U., Hendricks, J., Kärcher, B., 2014: Dust ice nuclei effects on cirrus clouds, *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 3027-3046.

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.

Righi, M., Hendricks, J., Lohmann, U., Beer, C., Hahn, V., Heinold, B., Heller, R., Krämer, M., Ponater, M., Rolf, C., Tegen, I., Voigt, C., 2020: Coupling aerosols to (cirrus) clouds in the global EMAC-MADE3 aerosol-climate model, *Geosci. Model Dev.*, 113, 1635-1661.

Unterstrasser, S. (2016). Properties of young contrails—A parametrisation based on large-eddy simulations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(4), 2059–2082. <https://doi.org/10.5194/acp-16-2059-2016>