

Project: 1033
Project title: Luftverkehr, Zirruswolken und Klima
Project leader: Dr. Ulrike Burkhardt
Report period: 2022.01.01. – 2022.12.31

2.1 Weiterführende Simulationen zur Bestimmung der Klimawirksamkeit von Kondensstreifen-Zirren

Verantwortlich: Bickel (b309139) / Ponater (b309003)

Ein Sensitivitätstest mit einem optimierten Modelltuning konnte die Belastbarkeit unserer Ergebnisse zur Klimawirksamkeit von Kondensstreifen aus dem letzten Jahr untermauern. Innerhalb der statistischen Grenzen konnte die drastisch verringerte Klimawirksamkeit bzgl. der Bodentemperaturänderung bestätigt werden. Die im Rahmen von Teilprojekt 2.1 entstandene Dissertation wird voraussichtlich in 2022 abgeschlossen. Eine weitere Publikation ist in Vorbereitung. Die Archivierung unserer Ergebnisse wurde fortgesetzt, wobei die 27 TB freier Archivspeicherplatz auf den in 2021 um 30 TB überzogenen Bedarf zurückzuführen ist. Die Nudging Experimente konnten bisher noch nicht durchgeführt werden und sollen demnächst nachgeholt werden.

2.2 Klimawirkung von Kondensstreifen für neue umweltfreundliche Antriebsformen

Verantwortlich: Weiß (b309218), Bickel (b309139), Burkhardt (b309022)

Ziel dieses Teilprojekts, welches in Kooperation mit der Luftfahrtindustrie durchgeführt wird, ist die Untersuchung der Klimawirkung von bei Verwendung von neuartigen und umweltfreundlichen Antriebsformen verursachten Kondensstreifen-Zirren. Die Arbeit soll zur Entwicklung von Mitigations-Strategien beitragen. Es sollen vor allem neuartige wasserstoffbasierte Antriebsformen untersucht werden.

Die mit dem Umstieg auf Levante notwendigen Anpassungen wurden mit einer Erhöhung der horizontalen Modellauflösung von T42 auf T63 und einem Neu-Tuning des Modells verbunden. Dies führt zu einer deutlichen Reduktion des für Klimamodelle typischen Cold-Bias in der oberen Troposphäre und unteren Stratosphäre um bis zu 3K (siehe Abb. 1). Da ein Großteil des Luftverkehrs in diesen Regionen stattfindet, kann nun die Eisnukleation in Kondensstreifen deutlich realistischer dargestellt werden. Darüber hinaus wurden Tuningsimulationen zur Optimierung der Eisübersättigung durchgeführt, indem mit Messungen aus Lamquin et al. (2012) evaluiert wurde. Die ungeplante Erhöhung der Auflösung und das Tuning führte zu einem sehr viel höheren Rechenzeitbedarf als ursprünglich vorhergesehen.

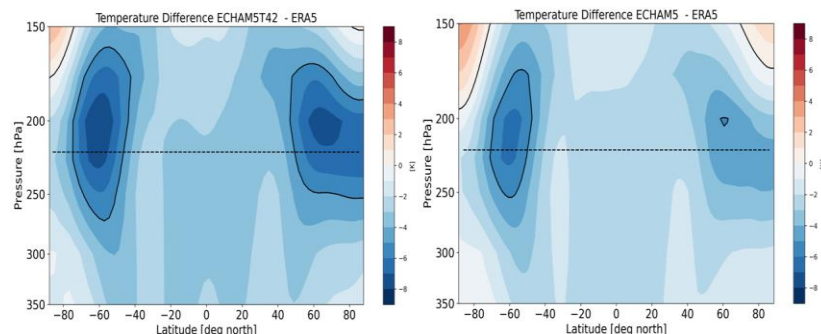


Abb. 1: Zonalschnitt der Temperaturdifferenz (ECHAM5-CCMod - ERA5) bei einer horizontalen Auflösung von T42 (links) und T63 (rechts). Die gestrichelte Linie kennzeichnet den Hauptfluglevel.

Wasserstoffverbrennung - Weiß (b309218), Burkhardt (b309022)

Neben den in Abschnitt 2.2 beschriebenen Vorbereitungen des Klimamodells ECHAM5 wurde eine externe monatsmittlere Tropopause (ERA-Interim) im Modell implementiert. Die externe Tropopause wird lediglich für die Kondensstreifenbildung im Modell verwendet, um die Kondensstreifenbildung in der Stratosphäre zu unterbinden, wo sich bei einem ausgeprägten Cold-bias im Modell noch Kondensstreifen bilden könnten. Mit Hilfe der externen Tropopause wurden Sensitivitätssimulationen

in Bezug auf Eisübersättigung, Kondensstreifenbildung und den Strahlungsantrieb der Kondensstreifen durchgeführt. Des Weiteren wurde ein neues Flugkataster für 2050 implementiert, welches nur den Teil der Gesamtflotte berücksichtigt, der für den Einsatz von Wasserstoffantrieben effizient erscheint. Erste Simulationen für verschiedene konventionelle Treibstoffarten wurden durchgeführt.

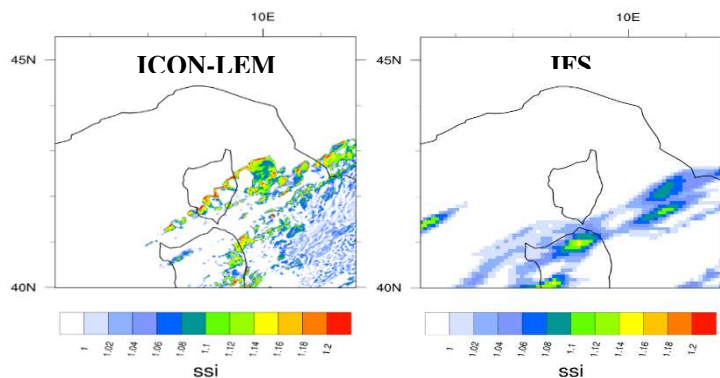
Brennstoffzelle - Bickel (b309139), Burkhardt (b309022)

Die in diesem Teilprojekt durchgeführten Arbeiten befassen sich mit der Klimawirkung von Kondensstreifen-Zirren welche durch Wasserdampfemissionen aus Brennstoffzellen induziert werden. Aufgrund der relativ neuen Fragestellung handelt es sich dabei überwiegend um Modellentwicklungsarbeiten und Testsimulationen. Da von einer Brennstoffzelle keine Aerosole emittiert werden, stehen für die Eis-Nukleation nur Umgebungsaerosole als Kondensationskeime zur Verfügung. Daher haben wir die MADE3 Aerosol Klimatologie für das Jahr 2050 im Klimamodell implementiert (Kaiser et al., 2019) und erste Testsimulationen durchgeführt.

2.3. Evaluierung hochauflösender Simulationen mit Kampagnendaten

Verantwortlich Verma(b309131) / Burkhardt (309022)

In this subproject, ICON-LEM will be used to simulate single campaign days and compare simulations with observations in order to help interpret campaign measurements. A contrail parameterization was recently designed and implemented in ICON-LEM (Verma and Burkhardt, 2022) and is now used to simulate contrail formation and life cycles during the ECLIF3 and VOLCAN measurement campaigns. We have set up a model domain over the Mediterranean and performed a simulation for an ECLIF3 campaign day, 16th April 2021. We retrieved and transformed IFS model data that we use for initial and boundary conditions. In figure 2 we compare the ice saturation ratio (SSI) simulated by ICON-LEM and IFS at 11 UTC (11 hours after the start of the simulation and at the time the in-situ measurements started). ICON-LEM shows a large variability in the ice supersaturation field in terms of location and



intensity when compared with the IFS data. Next step will be to implement the flight track in the model and simulate contrail formation and compare to observational data.

Figure 2: Saturation ratio with respect to ice (SSI) field on 16th April 2021 at 11 UTC over Mediterranean Sea at 10.5 km altitude simulated by (a) ICON-LEM and (b) IFS.

2.4. Analyse der Eisübersättigung in hochauflösenden Simulationen

Verantwortlich: Burkhardt (309022)

Die Arbeiten konnten leider nicht durchgeführt werden.

2.5. Einfluss von Kondensstreifenbildung in hohen nördlichen Breiten (AVIATE)

Verantwortlich: Bier (b309107) / Burkhardt (b309022)

Die Veröffentlichung (Bier und Burkhardt, 2022) wurde fertig gestellt und ist von JGR-Atmospheres so gut wie akzeptiert. Dieses Teilprojekt läuft somit aus. Daten werde im Archiv gespeichert.

2.6. Simulationen zum Einfluss von Rußemissionen auf Kondensstreifen-Zirren (KSZ)

Verantwortlich: Königl (b309196) / Burkhardt (b309022)

Die Simulationen und die Masterarbeit (Königl, 2021) wurden Ende 2021 beendet und die Ergebnisse dem Projekt zur Verfügung gestellt. Eine Publikation mit den norwegischen Partnern steht noch aus.

Referenzen:

Bier, A. and U. Burkhardt, 2022: Impact of parametrizing microphysical processes in the jet and vortex phase on contrail cirrus properties and radiative forcing, JGR-Atmospheres, in review.

Kaiser, J. C., Hendricks, J., Righi, M., Jöckel, P., Tost, H., Kandler, K., Weinzierl, B., Sauer, D., Heimerl, K., Schwarz, J. P., Perring, A. E., and Popp, T. Global aerosol modeling with MADE3 (v3.0) in EMAC (based on v2.53): model description and evaluation. *Geoscientific Model Development*, 12(1):541–579, 2019. doi: 10.5194/gmd-12-541-2019. URL <https://gmd.copernicus.org/articles/12/541/2019/>.

Königl, Tobias, 2021: Einfluss der Kondensstreifenbildung auf Wolken und Klima in den nördlichen hohen Breiten, Masterarbeit am Meteorologischen Institut der LMU, München.

Lamquin, N., Stubenrauch, C. J., Gierens, K., Burkhardt, U., and Smit, H. A global climatology of upper-tropospheric ice supersaturation occurrence inferred from the Atmospheric Infrared Sounder calibrated by MOZAIC. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12(1):381–405, 2012. doi: 10.5194/acp-12-381-2012. URL <https://acp.copernicus.org/articles/12/381/2012/>.

Verma, P. and Burkhardt, U. “Contrail formation within cirrus: ICON-LEM simulations of the impact of cirrus cloud properties on contrail formation”, *Atmos. Chem. Phys.*, 22, 8819–8842, <https://doi.org/10.5194/acp-22-8819-2022>, 2022.