

**Projekt:** 781

**Berichtszeitraum:** 01.01.2014 – 31.12.2015

**Projekttitel:** WeCare (Klima- und öko-effizientes Fliegen) Fortführung von REACT4C

**Federführender Wissenschaftler:** Dr. Volker Grewe

### WeCare: Klima- und öko-effizienter Luftverkehr

Das übergeordnete Ziel von WeCare ist die Quantifizierung des Reduktionspotentials der Klimawirkung des Luftverkehrs durch Ausnutzung der lokal unterschiedlichen Klimawirkung von nicht-CO<sub>2</sub> Komponenten (Ozon, Methan, Kondensstreifen-Zirren) in einzelnen Wettersituationen in Relation zum dadurch veränderten Treibstoffverbrauch und zu den Kosten. Zudem soll eine Mess-Strategie und ggf. experimenteller Nachweis des NO<sub>x</sub>-Ozon- und des Ruß-Zirren Effekts des Luftverkehrs erarbeitet werden.

#### 1. Berechnung Klimakostenfunktionen

(Frömming (b309009), Brinkop (b309018), Grewe (b309014))

Im Berichtszeitraum wurden einige kürzere Simulationen durchgeführt, welche der Umstellung und Anpassung des Codes auf eine neue EMAC Modellversion zur flexibleren Berechnung des Strahlungsantriebs, der Anwendung des AIRTRAC Submodels mit genudgter Dynamik und der Anwendung auf ein größeres Simulationsgebiet dienten. Zudem wurden Sensitivitätsstudien bezüglich der Hintergrundemissionen durchgeführt, die unter Anderem zu einer besseren Vergleichbarkeit mit den Konsortialläufen führten und zu einer überarbeiteten Version (V9) der Klimakostenfunktionen führten, welche als Prototyp in WeCare zur Optimierung von Flugrouten angewendet werden.

Im Projektzeitplan von WeCare wurden einige Meilensteine und Arbeitspakete zeitlich nach hinten verschoben aufgrund von Elternzeit und anschließender Teilzeitarbeit. Mit den Simulationen zur Berechnung der neuen Klimakostenfunktionen für WeCare wird im letzten Quartal 2015 begonnen. Die bisherigen Arbeiten zu Klimakostenfunktionen sind in 2 Publikationen (Grewe et al., 2014ab) und einer Masterarbeit (Halscheidt,2014) dokumentiert und wurden auch auf der DKRZ-Website dargestellt (<http://www.dkrz.de/Klimaforschung/HLRE-Projekte/focus/react4c>).

#### 2. Kondensstreifen-Zirren in ECHAM

(Bock (b309059), Bier (b309107))

Das Ziel dieses Projekts ist die Untersuchung mikrophysikalischer und optischer Eigenschaften sowie des Strahlungsantriebs von Kondensstreifenzirren (KSZ) mithilfe des Modells ECHAM5-CCMod, mit integrierter KSZ-Parametrisierung.

Die Simulationen mit ECHAM5-CCMod wurden zum einen für idealisierte Prozessstudien zu Eigenschaften und Lebenszyklus von KSZ verwendet, um die Auswirkung verringerter initialer Eispartikelanzahlen, welche beim Einsatz von alternativen Treibstoffen erwartet werden, zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Auswirkung am stärksten in feuchten und großskaligen eisübersättigten Gebieten ausgeprägt ist, da aufgrund früher und stärker einsetzender Sedimentation mikrophysikalische Verlustprozesse von großer Bedeutung sind und im Laufe des Lebenszyklus der KSZ die optische Dicke früher abnimmt sowie erheblich weniger Eiswassermasse und Volumen produziert werden. In solchen Fällen ist die Gesamtlebensdauer deutlich geringer und eine signifikante Herabsetzung der Klimawirkung durch die KSZ zu erwarten. Die Auswirkung der Eispartikelreduktion in trockenen und kleinskaligen eisübersättigten Gebieten hat dagegen einen relativ geringen Effekt in Bezug auf die Eigenschaften und Lebensdauer von KSZ, da dynamische Verlustprozesse wie Advektion in untersättigte Gebiete oder Feuchtedivergenz dominieren. Die Auswertung eines Jahreslaufs für ca. 300 Fälle hat u.a. ergeben, dass die dynamisch kontrollierten Fälle insgesamt etwas häufiger auftreten, jedoch in den Sommermonaten die mikrophysikalisch kontrollierten Situationen überwiegen. (Bock, 2014, Bock et al., 2015).

Innerhalb des EU-Projekts AHEAD geht es um die Abschätzung des Effektes von neuartigen Antriebstechniken und Flugzeugdesign auf KSZ. In einzelnen Modellläufen wurde die Auswirkung von veränderten Bildungskriterien der Kondensstreifen aufgrund der neuen Antriebstechniken, größerer Flughöhe durch das neue Flugzeugkonzept und verringerter Partikelemissionen aufgrund des Gebrauchs von alternativen Treibstoffen auf den Strahlungsantrieb von KSZ untersucht. Es zeigte sich, dass sich einerseits durch die Änderung der Flughöhe von FL 390 auf 430 der Strahlungsantrieb von KSZ in den mittleren Breiten verringert, da der Flugverkehr dort in die untere Stratosphäre verschoben wird. Andererseits wird der Flugverkehr in den Tropen in Gebiete mit höherer Bildungswahrscheinlichkeit für Kondensstreifen verschoben, was zu einem Anstieg ihres Strahlungsantriebs führt. Die Wirkung der Reduktion der Rußemission überwiegt aber und führt zu einem gesamten Absinken des Strahlungsantriebs durch KSZ der AHEAD-Flugzeuge (Grewe et al., 2015).

Des Weiteren wurden mit ECHAM5-CCMod Zukunftsszenarien für das Jahr 2050 durchgeführt. Dabei wurde das erhöhte Flugverkehrsaufkommen, bereitgestellt durch das U.S. Federal Aviation Administration (FAA) Aviation Environmental Design Tool (AEDT) Kataster, der Klimawandel und die reduzierte Rußemission berücksichtigt. Der prognostizierte Anstieg des Flugverkehrs bis zum Jahr 2050 ergab einen bedeutenden Anstieg des Strahlungsantriebs durch KSZ (2006 P), welcher selbst durch den Einsatz von alternativen Treibstoffen (2050 S1) nur zu einem kleinen Anteil verhindert werden kann (Abb. 1). In diesem Kontext untersuchten wir die funktionelle Abhängigkeit des Strahlungsantriebs von der initialen Eispartikelanzahl in Kondensstreifen, hervorgerufen durch die niedrigere Rußemission bei Gebrauch von alternative Treibstoffen. Dabei fanden wir einen nichtlinearen Zusammenhang, welcher bedeutet, dass erst eine signifikant große Änderung (eine Größenordnung) der initialen Eispartikelanzahl zu einer bedeutenden Verringerung des Strahlungsantriebs führt.

Durch die Arbeiten, welche im darüber liegenden Abschnitt beschrieben sind, wurde die Implementierung der KSZ-Parametrisierung in EMAC innerhalb des WeCare Projektes, welche eine Abschätzung aller Flugverkehrseffekte in einer einheitlichen Bewertungsplattform ermöglicht, auf das Jahr 2016 verschoben.

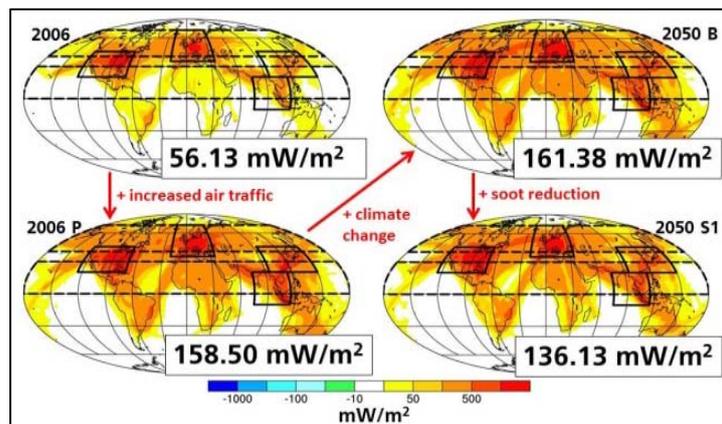


Abb. 1: Strahlungsantrieb durch Kondensstreifen in verschiedenen Szenarien

### 3. Flugverkehrsplanungstool für EMAC

Im Berichtszeitraum wurde ein Luftverkehrsplanungstool für EMAC entwickelt (Yamashita et al., 2015). Wie im Antrag angekündigt fand die Hauptentwicklung auf den lokal am DLR bereitgestellten Rechnern statt. Am DKRZ wurde Rechenzeit beantragt um erste Testrechnungen durchzuführen, die eine Routenoptimierung mit einem umfangreichen Optimierungsalgorithmus (Genetic Algorithm) vorsahen. Es ist uns hier gelungen den Algorithmus so effizient zu gestalten, dass von einer Verwendung der Rechenzeit am DKRZ abgesehen werden konnte.

#### Referenzen:

- Bock, L.: Modellierung von Kondensstreifen: Mikrophysikalische und optische Eigenschaften, Dissertation. DLR-Forschungsbericht. DLR-FB--2014-26, 105 S., 2014.  
 Bock L., Burkhardt U. and Kärcher B. : Simulating the temporal evolution of a contrail cirrus cluster within a global climate model, in preparation for Atmos. Chem. Phys., 2015.

- Grewe, V., Frömming, C., Matthes, S., Brinkop, S., Ponater, M., Dietmüller, S., Jöckel, P., Garny, H., Dahlmann, K., Tsati, E., Søvde, O. A., Fuglestvedt, J., Berntsen, T. K., Shine, K. P., Irvine, E. A., Champougny, T., and Hullah, P.: Aircraft routing with minimal climate impact: The REACT4C climate cost function modelling approach (V1.0), *Geosci. Model Dev.* 7, 175-201, doi:10.5194/gmd-7-175-2014, 2014a.
- Grewe, V., Champougny, T., Matthes, S., Frömming, C., Brinkop, S., Søvde, A.O., Irvine, E.A., Halscheidt, L., Reduction of the air traffic's contribution to climate change: A REACT4C case study, 10.1016/j.atmosenv.2014.05.059, *Atmos. Environ.* 94, 616-625, 2014b.
- Grewe, V., Bock, L., Burkhardt, U., Dahlmann, K., Gierens, K., Hüttenhofer, L., Unterstrasser, S., Rao, A.G., Bhat, A., Yin, F., Reichel, T.G., Paschereit, O., Levy, Y., Assessing the climate impact of the AHEAD multi-fuel blended wing body, to be submitted in Nov. 2015 to *Met. Z.*, TAC4 special issue., 2015.
- Halscheidt, L., Untersuchungen zur Bildung und Klimawirkung von Kondensstreifen: Eine Analyse der REACT4C Klimakostenfunktionen, Masterarbeit, Institut für Geografie, Universität Augsburg, Juli 2014.
- Yamashita, H., Grewe, V., Jöckel, P., Linke, F., Schaefer, M., and Sasaki, D., Climate Assessment Platform of Different Aircraft Routing Strategies in the Chemistry-Climate Model EMAC 2.41: AirTraf 1.0, to be submitted in Nov. 2015 to GMD.