

Project: **1062**

Project title: **ÖkoLuft**

Principal investigator: **Volker Grewe**

Report period: **2020-01-01 to 2020-12-31**

Projektübersicht: Der Fokus des Projekts ist die Anwendung, Entwicklung und Verifikation eines Klima-Chemie-Modells auf regionaler und globaler Skala um die Wirkung von Luftverkehrsemissionen und die Ökoeffizienz möglicher Mitigationsmaßnahmen im Luftverkehr untersuchen zu können. Im Antragszeitraum wurden Arbeiten durchgeführt zur Modellevaluation von EMAC/MECO(n) durch Flugzeugmessungen, zur Berechnung und Analyse sogenannter Klimawirkungsfunktionen (Climate Change Functions, CCF, Frömming et al. 2020, Rosanka et al. 2020), zu klima-optimalen Routen im globalen Klima-Chemie-Modell EMAC (Yamashita et al. 2020), zum Mitigationpotential durch Formationsflug (Dahmann et al. 2020, Marks et al. 2020), sowie zur Klimawirkung einer potentiellen Überschallflotte. Im Folgenden sind Ergebnisse von 2 dieser Themen genauer beschrieben.

Flugroutenänderung durch Vermeidung klimasensitiver Regionen

Die Entwicklung des EMAC-Untermodells Airtraf (V2.0; Yamashita, et al. 2016, 2020) wurde abgeschlossen und in der Fachzeitschrift GMD veröffentlicht. Die nordatlantischen Flugverkehrssimulationen wurden unter Verwendung von EMAC (V2.53) für drei Routenstrategien mit einem spezifischen Flugplan durchgeführt und optimale Flugwege, deren Emissionen und Klimaauswirkungen verglichen.

Die Ergebnisse zeigen (siehe Abbildung 1), dass das klimaoptimierte Routing die Klimaauswirkungen erfolgreich reduziert. Darüber hinaus wird der Kompromiss zwischen Klimaauswirkungen und Kostenanstieg bestätigt. Im Vergleich zum kostenoptimierten Routing verringert das klimaoptimierte Routing die Klimaauswirkungen um 67,9% und erhöht die Kosten um 9,8%.

Der Anwendungszeitraum wurde verwendet, um die Modellentwicklung abzuschließen und einige Testsimulationen für verschiedene Optimierungsbedingungen zu implementieren. Die Produktionssimulationen wurden mehrere Monate lang durchgeführt und ihre Ergebnisse nachbearbeitet. Die Ergebnisse wurden zusammengefasst und erfolgreich veröffentlicht (Yamashita, et al. 2020).

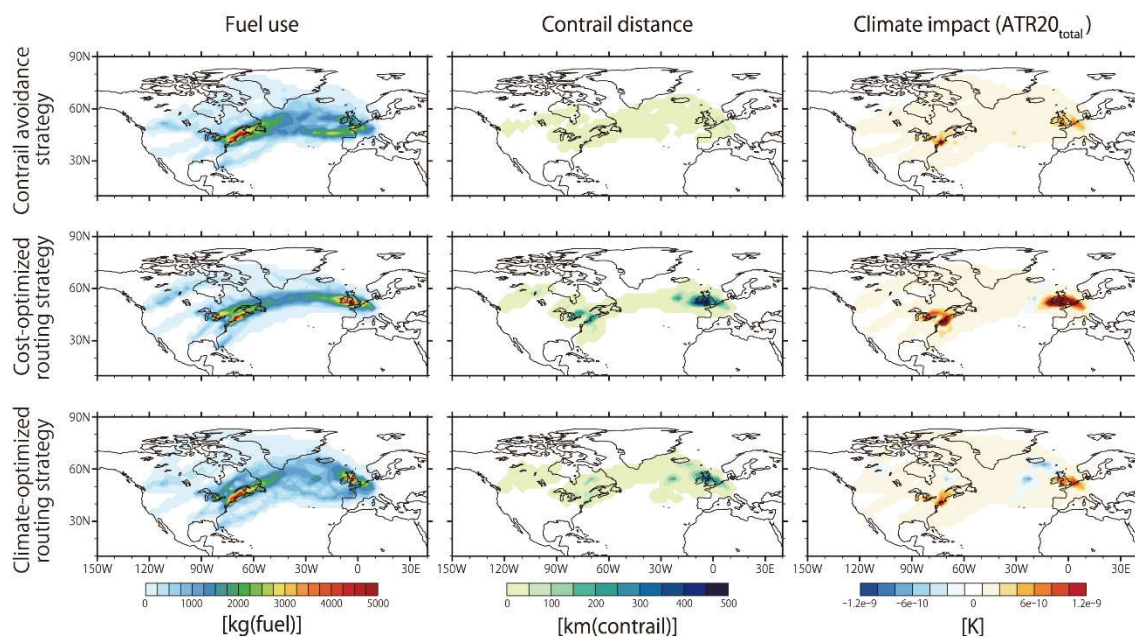


Abb. 1: Vergleich von Kraftstoffverbrauch, Kondensstreifenbildung und Klimawirkungen (ATR20) des nordatlantischen Luftverkehrs für einen Wintertag. Routen-Optimierung für Vermeidung von Kondensstreifen (oben), Kosten (mitte) und Klima (unten).

Emissionen einer potentiellen Überschallflotte und deren Wirkung auf die Ozonschicht und das Klima

Das Horizon2020-Projekt StratoFly wird im Kontext der COVID-19 Pandemie um sechs oder mehr Monate verlängert und wird bis mindestens Mitte 2021 fortgeführt. Das im Rahmen des Projekts entwickelte Submodel "H2OEMIS" ist in den Entwicklungszweig des MESSy-GitLab-Projekts am DKRZ aufgenommen und wird mit weiteren Neuerungen wissenschaftlich publiziert werden.

Die für 2020 geplanten EMAC-Simulationen mit aktiver Chemie konnten bereits Ende 2019 und im ersten Quartal 2020 durchgeführt werden. In der zugehörigen Analyse wurde festgestellt, dass in unserem Model die Rekombination von Abbauprodukten aus Wasserdampf-Emissionen einen dominanten Beitrag zur Umweltwirkung darstellt. Diese Rekombination beeinflusst zwei wichtige Umweltkomponenten. Zum einen die Ozonschicht durch die O_x - HO_x -Gruppe und zum anderen den Anteil des Treibhausgases H_2O . Eine vorher nicht geplante Folgesimulation beinhaltet deswegen sowohl fünf chemische Einzelprozesse zum Wasserdampfabbau, als auch 45 chemische Einzelprozesse zur Wasserdampfproduktion, um diese Entdeckung genauer zu untersuchen (Abb. 2). Die Analyse der Folgesimulation findet aktuell (Oktober 2020) statt und wird mit Ergebnissen des französischen Klimamodells LMDz-INCA verglichen.

Die geplante Sensitivitätsanalyse konnte wegen der zusätzlichen Folgesimulation bisher nicht durchgeführt werden und wird zu einem späteren Zeitpunkt nachgeholt.

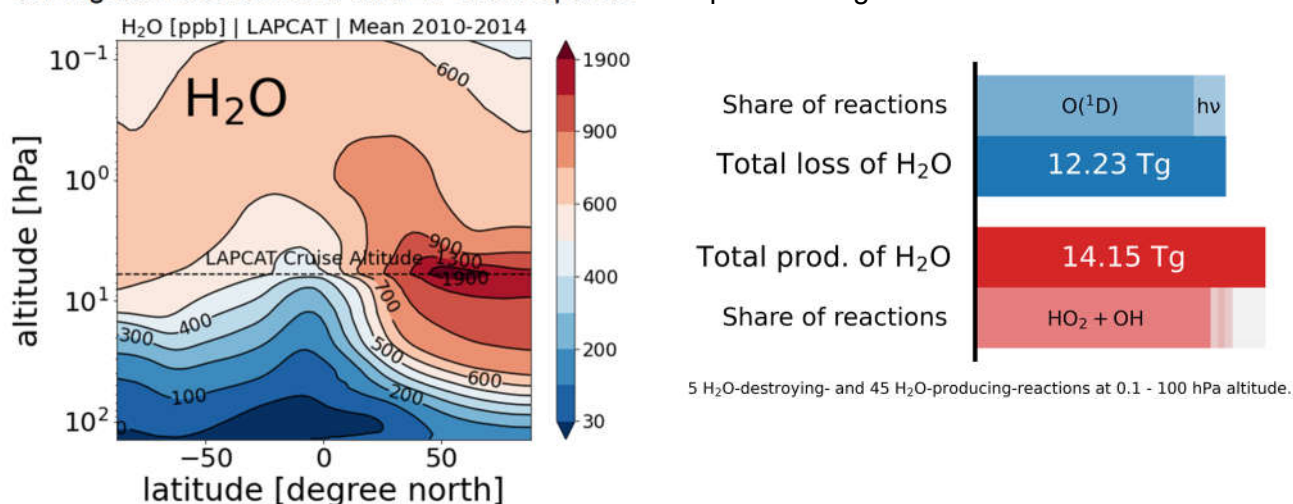


Abb. 2: Links: Änderung des atmosphärischen Wasserdampfmischungsverhältnisses; Rechts: Jährlicher Wasserdampfabbau und -produktion zwischen 100 und 0.1 hPa für den Hyperschall-Flugzeugtyp LAPCAT mit einer Flughöhe von 35 km. Zusätzlich sind die jeweiligen Anteile der chemischen Prozesse angegeben.

Referenzen (publiziert und in Planung)

- Dahlmann K., Matthes, S., Yamashita, H., Unterstrasser, S., Grewe, V., Marks, T., Assessing the climate impact of formation flights, Aerospace, in review, 2020.
- Frömming, C., Grewe, V., Brinkop, S., Jöckel, P., Haselrud, A.S., Rosanka, S., van Manen, J., and Matthes, S., Influence of the actual weather situation on non-CO2 aviation climate effects: The REACT4C Climate Change Functions, Atmos. Chem. Phys. Disc., <https://doi.org/10.5194/acp-2020-529>, in review, 2020.
- Marks, T., Dahlmann, K., Grewe, V., Gollnick, V., Linke, F., Matthes, S., Stumpf, E., Swaid, M., Unterstrasser, S., Yamashita, H., Zumegen, C., Climate Impact Mitigation Potential of Formation Flight, Aerospace, in preparation, 2020.
- Rosanka, S., Frömming, C., and Grewe, V., The impact of weather pattern and related transport processes on aviation's contribution to ozone and methane concentrations from NOx emissions, Atmos. Chem. Phys., <https://doi.org/10.5194/acp-2020-46>, in press, 2020.
- Yamashita, H., Grewe, V., Jöckel, P., Linke, F., Schaefer, M., and Sasaki, D.: Air traffic simulation in chemistry-climate model EMAC 2.41: AirTraf 1.0, Geosci. Model Dev., 9, 3363–3392, <https://doi.org/10.5194/gmd-9-3363-2016>, 2016.
- Yamashita, H., Yin, F., Grewe, V., Jöckel, P., Matthes, S., Kern, B., Dahlmann, K., and Frömming, C.: Newly developed aircraft routing options for air traffic simulation in the chemistry-climate model EMAC 2.53: AirTraf 2.0, Geosci. Model Dev., 13, 4869–4890, <https://doi.org/10.5194/gmd-13-4869-2020>, 2020.