Project: **1062**
Project title: **ÖkoLuft**
Principal investigator: **Volker Grewe**
Report period: **01.01.2023 - 31.12.2023**

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. Für den Berichtszeitraum wurde für vier Themen Rechenzeit beantragt. Leider konnten die Arbeiten nicht wie geplant durchgeführt werden. Im Detail:

- 2.1. Entwicklung OpenAirClim: Aufgrund von Personalmangels hatte sich der Start des Projekts verzögert. Erste Simulationen für das Projekt konnten im Jahr 2023 durchgeführt werden. Der Großteil, der für das Projekt benötigten Simulationen, ist für das Jahr 2024 geplant.
- 2.2. Atmosphären-chemische und mikrophysikalische Prozesse und ihre Rolle für den Luftverkehr
 - 2.2.1. Vergleich der EMAC Simulationsdaten mit flugzeuggetragenen Messungen (CARIBIC/IAGOS). Erste Ergebnisse konnten bei wissenschaftlicher Konferenz vorgestellt werden (Matthes et al., 2023). Aufgrund von Personalproblemen verzögert sich die Fertigstellung.
 - 2.2.2. Algorithmische Klimawirkungsfunktionen (aCCFs, algorithmic Climate Change Functions): Die Python Library wurde publiziert (Dietmüller et al. 2023, Yin et al. 2023, Matthes et al. 2023).
- 2.3. Robustheit der aCCFs wurden mittels Langzeitsimulationen durch EMAC/AirTraF untersucht (s.u.).
- 2.4. Überschall-Luftverkehr: Die Sensitivitäten im Hyperschallbereich wurden untersucht (s.u.). Mit der Analyse der atmosphärischen Sensitivität im Überschallbereich wurde unter Verwendung der Cold-Start Prozedur begonnen.

Entwicklung eines Klima-Chemie Responsemodells für den Luftverkehr OpenAirClim 3.0

Das nichtlineare Klimareaktionsmodell AirClim (Grewe und Stenke, 2008, Dahlmann et al. 2016) wird auf der Grundlage zahlreicher Simulationsergebnisse mit dem Chemie-Klima-Modell EMAC aktualisiert. Zur Bestimmung der Modell-Setups für die Produktionssimulationen wurden zahlreiche Testsimulationen durchgeführt, wobei EMAC2.55 mit dem Stratosphären- und Troposphärenchemiemodell in der Auflösung T42L90MA zusammen mit dem TAGGING-Submodell verwendet wurde. Mit der TAGGING-Methode addieren wir einheitliche Flugzeugemissionen zu einem Hintergrund-Emissionsinventar des Luftverkehrs in bestimmten Breiten und Höhen (d.h. Emissionsregionen) und berechnen die Beiträge der jeweiligen Regionen zu Ozon- und Wasserdampfveränderungen und damit verbundenen Strahlungsantrieben. Darüber hinaus wurde das Teilmodell OFFEMIS modifiziert, um NO_x-Emissionen mit konstanter Emissionsquellenstärke für Emissionsregionen zu importieren. Die Produktionssimulationen werden mit diesen festgelegten Einstellungen im Jahr 2024 durchgeführt.

Verifizierung und Robustheit von (algorithmischen) Klimawirkungsfunktionen

Algorithmische Klimaauswirkungsfunktionen (aCCFs) liefern räumlich und zeitlich aufgelöste Informationen über die Klimawirkung des Luftverkehrs in Form von zukünftigen oberflächennahen Temperaturänderungen. Im Rahmen des EU-Projekts FlyATM4E wurden sowohl die einzelnen aCCFs (aCCFs von Wasserdampf, Ozon, Methan und Kondensstreifen-acCF) als auch die zusammengefassten Nicht-CO₂-aCCFs, die alle Einzelbeiträge kombinieren, entwickelt (aCCFs 1.0; Yin et al. 2023). Diese aCCFs können mit meteorologischen Eingangsdaten berechnet werden, die z. B. aus numerischen Wettervorhersagemodellen stammen. Darüber hinaus wurde das Entscheidungsfindungswerkzeug SolFinder 1.0 (Castino et al. 2023) im Luftverkehrssimulations-Teilmodell AirTraF 3.0 entwickelt, um ökoeffiziente Flugrouten aus mehreren Kompromisslösungen unter Berücksichtigung der Benutzerpräferenzen zu identifizieren. Wir lösten ein bi-objektives Optimierungsproblem, das die Auswirkungen auf das Klima und die Betriebskosten langfristig minimiert, indem wir das Chemie-Klima-Modell EMAC verwendeten, und untersuchten die Funktionalität von aCCFs und unserer Optimierungsmethode unter verschiedenen Wetterbedingungen. Wir fanden heraus, dass unsere Methode es ermöglichte, Kompromisslösungen zu finden und die ökoeffiziente Lösung unter täglich wechselnden Wetterbedingungen erfolgreich zu identifizieren (Abbildung 1). Die ökoeffiziente Lösung verringerte die Auswirkungen auf das Klima um 5,3 % bei einem Anstieg der Kosten um 1,8 % im Vergleich zur Lösung mit minimalen Kosten.