

Projekt: **80**Projekttitle: **Klima und Verkehr (DLR-Institut für Physik der Atmosphäre)**Federführender Wissenschaftler: **Johannes Hendricks**Berichtszeitraum: **2022-11-01 – 2023-10-31****Zusammenfassende Übersicht**

Experiment	Status¹
Aerosolcharakterisierung	Experimente zur Herstellung der Vergleichbarkeit mit Daten aus der ACTIVATE-Messkampagne durchgeführt . Experimente zum Effekt veränderter Prozessdarstellungen wegen erhöhter Anforderungen zur Herstellung der Vergleichbarkeit nicht durchgeführt .
Luftverkehr - warme Wolken	Nicht durchgeführt wegen nicht abgeschlossener Entwicklung des dazu erforderlichen Abgasfahnenmodells.
Luftverkehr - Eiswolken	Experimente zur Wirkung von Ruß aus dem Luftverkehr bei Berücksichtigung neuer Labormessungen durchgeführt .
Aerosol-Eiswolken-Wechselwirkungen	Experimente bei Variation von Prozessdarstellungen zum Vergleich mit Daten aus Messungen durchgeführt .
Abrieb-Emissionen	Wegen Personalmangels nicht durchgeführt .
Wasserstoff	Wegen Personalmangels nicht durchgeführt .
ELK-Emissionen	Nicht durchgeführt , da Testrechnungen erst mit der noch zu erstellenden Betaversion der Emissionsdaten sinnvoll.
Aerosol-Responsemodell	Experimente für die Regionen Asien, Nord- und Südamerika sowie für die Gesamtheit der Emissionsregionen durchgeführt .
Responsemodell Gasphase	Nicht durchgeführt , da die Zielaspekte zunächst auf Basis der Bestandsdaten (unten) analysiert wurden.
Experimente Daten	Durchgeführt : Bestandsdaten weiter ausgewertet und zum Vergleich mit im Berichtszeitraum generierten neuen Daten herangezogen; Publikationen fertiggestellt oder in Arbeit.

¹Der überwiegende Teil der nicht durchgeführten Experimente zeichnet sich durch einen vergleichsweise geringen Ressourcenbedarf aus. Der Großteil der bewilligten Ressourcen wurde daher trotz der nicht realisierten Experimente abgerufen.

Detailbericht

Im Berichtszeitraum wurden Experimente zur Charakterisierung des globalen Aerosols mit dem Klima-Chemie-Modell EMAC einschließlich des Aerosol-Submodells MADE3 durchgeführt (**Experiment „Aerosolcharakterisierung“**). Diese dienen derzeit als Basis für vergleichende Analysen von Modelldaten und Daten aus flugzeuggestützten Messkampagnen, mit dem Ziel der Modellevaluation und der Herbeiführung weiterer Modellverbesserungen. Hierbei lag der Schwerpunkt auf Modellrechnungen, bei denen zur Herstellung der Vergleichbarkeit mit den Beobachtungsdaten eine erhöhte Menge an Modellparametern in zum Teil erhöhter zeitlicher Auflösung ausgegeben wurde. Der Fokus lag dabei auf der Herstellung der Vergleichbarkeit mit Daten aus der ACTIVATE-Messkampagne. Die zusätzlich geplanten Rechnungen zum Einfluss von Prozessdarstellungen wurden aufgrund erhöhter Ressourcenbedarfe der oben genannten Simulationen nicht durchgeführt.

Zudem wurden mit EMAC inkl. MADE3 und des mikrophysikalischen 2-Momenten-Wolkenschemas CLOUD zahlreiche Rechnungen zu den Wirkungen der Emissionen des Luftverkehrs auf Atmosphäre und Klima durchgeführt. Das geplante **Experiment „Luftverkehr - warme Wolken“** wurde zwar aufgrund von Verzögerungen bei der Entwicklung der Beschreibung des Vortex-Regimes (junger Flugzeug-Abgasstrahl) im zugehörigen Abgasfahnenmodell nicht durchgeführt. Es erfolgten jedoch umfangreiche Rechnungen zu den Wirkungen flugzeuggenerierter Partikel auf Eiswolken (**Experiment „Luftverkehr - Eiswolken“**). Dabei wurden die Wirkungen von Rußemissionen auf Eiswolken und das Klima auf Basis neuer Labormessungen zur Effizienz der Rußpartikel als Eiskerne neu quantifiziert. Die erhaltenen Resultate untermauern die

Ergebnisse früherer Simulationen, in denen ein vergleichsweise geringer Effekt des Rußes zu verzeichnen war. Begleitend dazu wurde das **Experiment „Aerosol-Eiswolken-Wechselwirkungen“** realisiert. Dabei wurden grundlegende Aspekte der Wechselwirkungen von Aerosolen und Eiswolken sowie die Effekte unterschiedlicher Darstellungen der zugehörigen Prozesse im Klimamodell untersucht. Ein besonderer Fokus lag dabei auch auf der Durchführung von Modellrechnungen bei Variation besonders relevanter Prozessdarstellungen. Diese dienen derzeit als Grundlage für Vergleiche mit flugzeuggestützten und satellitenbasierten Messdaten, die Aufschluss über die Rolle bestimmter Prozesse der Eiswolkenbildung geben sollen. Zudem soll auf diese Weise eine Identifikation besonders robuster Modelldarstellungen ermöglicht werden.

Die zur Thematik „Energiewende im Verkehr“ geplanten **Experimente „Abrieb-Emissionen“ und „Wasserstoff“** wurden aufgrund von Engpässen beim hierzu erforderlichen Personal nicht durchgeführt. Das geplante **Experiment „ELK-Emissionen“** wurde nicht durchgeführt, da die dazu als Eingangsdaten vorgesehenen prototypischen Emissionsdaten inhaltlich noch nicht für die Anwendung in der Klimamodellierung geeignet waren. Stattdessen sollen in 2024 Rechnungen mit der Betaversion der Emissionsdaten erfolgen. Diese sollen in Zukunft in den neuen DKRZ-Projekten 1393 und 1395 durchgeführt werden (vgl. entsprechende Anträge).

Ein besonderer Schwerpunkt des Berichtszeitraumes lag auf der Weiterführung von Simulationen zur Ableitung eines Aerosol-Klima-Responsemodells, welches eine effiziente Ad-hoc-Bewertung des Klimaschutzpotenzials von Mitigationsmaßnahmen im Verkehr sowie der Klimawirkung lokaler Emissionsquellen ermöglichen soll. Aus den Simulationen werden dazu wesentliche Resultate extrahiert und aggregiert, auf die das Responsemodell für seine Berechnungen zugreift. Dazu wurden im Rahmen des **Experimentes „Aerosol-Responsemodell“** Simulationen mit EMAC inkl. MADE3 durchgeführt, bei denen die Emissionsmengen verschiedener Aerosolkomponenten und Aerosolvorläufergase in unterschiedlichen Weltregionen variiert und die entsprechenden Effekte auf die Strahlungsantriebe der Emissionen quantifiziert wurden. Die Resultate dienen als Grundlage zur Ableitung von analytischen Aerosol-Responsefunktionen als wesentliche Basis für das Responsemodell. Im vorhergehenden Berichtszeitraum wurden bereits derartige Simulationen für Europa durchgeführt. Im aktuellen Berichtszeitraum wurden diese durch Rechnungen zu den Regionen Asien, Nord- und Südamerika ergänzt. Zudem wurden zur Untersuchung der linearen Kombinierbarkeit der Resultate Simulationen durchgeführt, in denen die Emissionen aller Regionen simultan variiert wurden. Zudem wurde für die Region Europa ein erster Simulationssatz für Hintergrundbedingungen mit einem besonders geringen Verschmutzungsgrad (SSP1-1.9) realisiert. Das **Experiment „Responsemodell Gasphase“** wurde noch nicht durchgeführt, da die hier zu adressierenden Zielaspekte zunächst auf Basis der Bestandsdaten analysiert werden konnten.

Die Bestandsdaten aus früheren Jahren wurden vielfach zur weiteren Auswertung sowie zum Vergleich mit den im Berichtszeitraum durchgeführten Experimenten herangezogen (**Experimente „Daten: Aerosolwirkungen“**, **„Daten: Gasphasenchemie“**, **„Daten: Eiskerne“**).

Entstandene Publikationen

- Beer, C. G., Hendricks, J., and Righi, M.: A global climatology of ice-nucleating particles under cirrus conditions derived from model simulations with MADE3 in EMAC, *Atmos. Chem. Phys.*, 22, 15887–15907, <https://doi.org/10.5194/acp-22-15887-2022>, 2022.
- Beer, C. G., Hendricks, J., and Righi, M.: Impacts of ice-nucleating particles on cirrus clouds and radiation derived from global model simulations with MADE3 in EMAC, *EGUsphere* [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-1983>, 2023.
- Righi, M., Hendricks, J., and Brinkop, S.: The global impact of the transport sectors on the atmospheric aerosol and the resulting climate effects under the Shared Socioeconomic Pathways (SSPs), *Earth Syst. Dynam.*, 14, 835–859, <https://doi.org/10.5194/esd-14-835-2023>, 2023.