

Projekt: **80**Projekttitle: **Klima und Verkehr (DLR-Institut für Physik der Atmosphäre)**Federführende Wissenschaftler: **Prof. Dr. Robert Sausen, Dr. Johannes Hendricks**Berichtszeitraum: **01.01.2019 - 31.12.2019**

Zusammenfassende Übersicht

Experiment	Status
Aerosolcharakterisierung	Nicht durchgeführt aufgrund von erweitertem Ressourcenbedarf anderer Experimente; alternative Ableitung der angestrebten Erkenntnisse aus den Experimenten „Eiskerne“ sowie „Aerosolwirkungen“
Aerosol aus Verkehr; Aerosol aus Luftverkehr	Nicht durchgeführt, da es sich um Vergleichsexperimente zu „Aerosolcharakterisierung“ handelt; alternative Ableitung der angestrebten Erkenntnisse aus Experiment „Aerosolwirkungen“
Aerosolwirkungen	Durchgeführt in erweiterter Form: Ausweitung der Simulationen zur Erstellung einer Publikation des Basismodells; erstes Simulationsensemble zur Beschreibung der Wirkungen von Partikeln aus dem Verkehr; Archivierungen auf HPSS doku noch in 2019; weitere Rechnungen für 2020 geplant
Neue Eiskerne	Großteil der Rechnungen durchgeführt; weitestgehend abgeschlossen
Anthropogene Eiskerne	Vorbereitet; erster Simulationssatz noch für 2019 geplant; Ausweitung der Simulationen für 2020 geplant
Aerosol-Responsemodell	Nicht durchgeführt aufgrund von Ressourcenmangel; für 2020 geplant
Experimente Daten	Durchgeführt; jedoch noch keine Archivierung auf HPSS doku

Detailbericht

Für den Berichtszeitraum waren Experimente zur Charakterisierung des globalen Aerosols mit Hilfe von hochauflösenden Simulationen sowie Simulationen mit sehr detailliertem Chemiemechanismus zur Beschreibung der Aerosolvorläuferchemie geplant (**Experimente „Aerosolcharakterisierung“**). Von diesen Simulationen wurde jedoch Abstand genommen. Angesichts der Ressourcenkürzungen gegenüber der Beantragung sowie nicht nutzbarer Ressourcen durch z.T. lückenhafte Systemverfügbarkeiten war die Durchführung von Experimenten mit deutlich erhöhter horizontaler und vertikaler Auflösung (T85L90) sowie mit einer sehr detaillierten Aerosolvorläuferchemie nicht möglich. Zur Charakterisierung des Aerosols stützen wir uns stattdessen auf die Eiskernexperimente (vgl. unten), die ebenfalls die Beschreibung der gesamten globalen Aerosolpopulation bei moderat erhöhter Auflösung erlauben. Ein weiterer Hinderungsgrund war die nötige Ausweitung der Experimente zur gekoppelten Version, die operationalisiert und dazu kalibriert werden musste (vgl. unten, sowie Publikation Righi et al., GMDD, 2019). Simulationen mit detaillierterem Chemiemechanismus sind für 2020 geplant.

Entsprechend des Verzichtes auf die obigen Simulationen wurde zudem auf die entsprechenden Vergleichssimulationen zur Charakterisierung verkehrsinduzierter Aerosole (**Experimente „Aerosol aus Verkehr“ und „Aerosol aus Luftverkehr“**) verzichtet. Die Quantifizierung verkehrsinduzierter Aerosolveränderungen erfolgte stattdessen im Zuge der Simulationen zu den Aerosolwirkungen direkt im gekoppelten Modell (vgl. unten).

Zur Quantifizierung der Wirkungen verkehrsinduzierter Aerosolstörungen auf die Bewölkung und den Strahlungshaushalt (**Experiment „Aerosolwirkungen“**) wurden zunächst vorbereitende Simulationen durchgeführt. Diese dienten im Wesentlichen als Grundlage für die Publikation der neuentwickelten gekoppelten Modellversion (Aerosol-Wolken-Strahlungskopplung; vgl. frühere Berichte). Da hierzu noch vereinzelte Modellveränderungen notwendig waren, war es erforderlich, auch einen neuen Satz von Experimenten zur Modellkalibrierung durchzuführen (Tuning freier Parameter mit Wirkung auf Strahlungshaushalt). Die Publikation wurde fertiggestellt und eingereicht (Righi et al., GMDD, 2019). Zum Vergleich mit den zunächst auf Nudging basierenden Simulationen wurden wie geplant bereits einige Experimente im freilaufenden Klimamodus wiederholt. Insgesamt wurde bei diesen Aktivitäten vergleichsweise viel Rechenzeit konsumiert (Modelltuning über 4 zu variierende Wolken- und Strahlungsparameter, für die Variationsrechnungen mit jeweils 5 verschiedenen Werten erfolgten; insgesamt wurden 17 Simulationen über jeweils 11

Modelljahre durchgeführt). Archivierungen der Daten auf HPSS doku sind noch für dieses Jahr geplant.

Auf Basis der publizierten Modellversion erfolgte dann ein erster Satz von Experimenten zu den Wirkungen von Aerosolen aus dem Verkehr. Dabei wurde sowohl der Gesamteffekt also auch die spezifische Wirkung durch Modifikationen der Zirkusbewölkung quantifiziert. Zur Beschreibung der Verkehrseffekte erfolgten, neben einem Referenzexperiment, für alle drei Verkehrssektoren Vergleichssimulationen bei Vernachlässigung des jeweiligen Sektors. Zur Quantifizierung der Wirkung auf Eiswolken führten wir zudem entsprechende Rechnungen ohne Zirkuseffekt (Ruß als Eiskern) durch. Für jeden Sektor wurden dabei zwei Simulationsätze realisiert: i) einheitliche Behandlung aller Rußpartikel, ii) Markierung der Rußpartikel aus den jeweiligen verkehrlichen Quellen. Im zweiten Simulationssatz konnten auf Basis der Markierung unterschiedliche Eisbildungseigenschaften Verkehr/Hintergrund angenommen werden. Aus Rechenzeitgründen wurden diese Experimente in T42L19-Auflösung, statt wie ursprünglich geplant in T42L31-Auflösung, durchgeführt. Hinsichtlich des Gesamteffektes bestätigen sich die Resultate früherer Rechnungen. Die quantifizierten Rußeffekte auf Zirren zeigen im Falle des Land- und Seeverkehrs eine eher sekundäre Größenordnung. Hinsichtlich des Luftverkehrs zeigt sich jedoch ein deutliches Potential, das bis Ende des Berichtszeitraumes Gegenstand weiterer Simulationen sein soll.

Die obigen Experimente erlauben die Charakterisierung des globalen Aerosols im Allgemeinen sowie seiner verkehrs-induzierten Veränderungen im Speziellen. Sie dienen daher als **Ersatz für die Experimente „Aerosol aus Verkehr“ und „Aerosol aus Luftverkehr“**, die die Beschreibung des Aerosols in der ungekoppelten Modellversion, d.h. ohne Feedbacks der Aerosolstörungen, und damit die Isolation der reinen Emissionseffekte erlaubt hätten. Da die Feedbacks in der Natur jedoch gegenwärtig sind, wird ein Verzicht auf diese eher als akademisch zu bezeichnenden Experimente als weniger kritisch angesehen.

Zu den Eiskernkonzentrationen und –lebenszyklen sind in 2019 zahlreiche Simulationen erfolgt (**Experimente „Neue Eiskerne“**), mit denen auch die Beiträge von Ammoniumsulfat und hochviskosen organischen Partikeln quantifiziert wurden. Bis zum Jahresende sollen diese Simulationen nochmals verfeinert werden, um schließlich in die Modellrechnungen zu möglichen Verkehrseffekten auf die Eisbewölkung einzufließen. Die in 2018 erfolgten Rechnungen zu atmosphärischen Mineralstaubpartikeln (u.a. mit erhöhter Auflösung T63L31) wurden mit einer alternativen Annahme zur Größenverteilung der Partikel bei Emission wiederholt, um in die Erstellung einer Publikation zur Darstellung von Mineralstaub im Modell einzufließen. Die Experimente konnten zudem als **Ersatz für das Experiment „Aerosolcharakterisierung“** herangezogen werden.

Das **Experiment „anthropogene Eiskerne“** wurde vorbereitet. Ziel ist die Untersuchung des Potentials anthropogener Partikel (aus dem Verkehr und anderen Quellen) zur Beeinflussung von Zirkuswolken. Dazu wurde die Ankopplung der Darstellungen von Eiskernen an das mikrophysikalische Wolkenmodell um die „neuen Eiskerne“ Ammoniumsulfat und hochviskose organische Partikel erweitert. Mit diesem Modell sollen in 2019 noch Simulationen zum möglichen anthropogenen Gesamteffekt auf die Zirkusbewölkung erfolgen. Dazu sind ein Referenzexperiment ohne Eiskerneffekte sowie ein Satz von Vergleichsexperimenten mit unterschiedlichen Annahmen zur aerosol-induzierten Eisbildung geplant. Zur Beschreibung des anthropogenen Effektes werden Experimente für gegenwärtige und vorindustrielle Bedingungen durchgeführt und verglichen. Weitere Experimente zur Eingrenzung der Verkehrseffekte sind für 2020 geplant.

Im **Experiment: „Aerosol-Responsemodell“** sind Experimente zur Ableitung von analytischen Beziehungen zur Beschreibung der Strahlungsantriebe anthropogener Aerosolveränderungen in Abhängigkeit von der Emissionsstärke geplant. Dazu sind sehr umfangreiche Simulationssätze bei Variation der Stärke anthropogener Emissionen in unterschiedlichen Quellregionen erforderlich (insgesamt 336 Simulationsjahre). Aufgrund des erhöhten Ressourcenbedarfs der oben beschriebenen Experimente müssen diese Rechnungen nun ein weiteres Mal verschoben werden und sind nun für 2020 geplant (vgl. Antrag).

Die Bestandsdaten aus 2018 wurden zum Vergleich mit den in 2019 durchgeführten Experimenten vielfach herangezogen (**Experimente „Daten: Gekoppeltes Modell“, „Daten: Eiskerne“, „Daten: Aerosolwirkungen“**). Zudem wurden die Bestandsdaten zu den Rechnungen zur Wirkung des Verkehrs auf die Gasphasenchemie weiter ausgewertet (**Experiment „Daten: Ozonchemie“**). Da die Rechnungen z.T. wiederholt werden mussten und auch in Zukunft noch Ergänzungen erforderlich sind, erfolgte noch keine Archivierung auf HPSS doku.

Entstandene Publikationen

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, *Geosci. Model Dev.*, 12, 541–579, <https://doi.org/10.5194/gmd-12-541-2019>, 2019.

Righi, M., Hendricks, J., Lohmann, U., Beer, C. G., Hahn, V., Heinold, B., Heller, R., Krämer, M., Rolf, C., Tegen, I., and Voigt, C.: A new approach to simulate aerosol effects on cirrus clouds in EMAC v2.54, *Geosci. Model Dev. Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/gmd-2019-212>, in review, 2019.