Projekt: **1063**

Projekttitel: **Multiskalensimulationen von Verkehrseffekten auf Klima und Luftqualität**

Principal investigator: **Mariano Mertens**

Berichtszeitraum: **2026-01-01 to 2026-12-31**

1. Regionale Aerosol Simulationen: Größenverteilung emittierter Partikel

Die geplanten regionalen Aerosol Simulationen mit veränderter Größenverteilung emittierter Partikel konnten wegen laufender Weiterentwicklungen im „Aerosol-Scavenging“ Submodell nicht durchgeführt werden. Dies beinhaltet die Behebung eines aktuellen Modellfehlers der die Beschreibung von Aerosolpartikeln in Wolkentröpfchen betrifft. Diese werden im regionalen Modell durch spezielle Tracer beschrieben (BC_l ist z.B. der Anteil an Ruß-Aerosolen in der Flüssigphase). Der Fehler führte dazu, dass diese Flüssigphase-Aerosoltracer bei Evaporation der Wolken nicht wieder korrekt der Aerosolphase zugeschrieben wurden, was zu einem negativen Bias in den Aerosolkonzentrationen führte. Mittlerweile konnte dieses Problem behoben werden; die Auswirkungen auf die bodennahen Aerosolkonzentrationen werden momentan noch weiter untersucht. Ein Beispiel-Ergebnis der Auswirkung des behobenen Fehlers auf die bodennahe Rußkonzentration ist in der untenstehenden Abbildung dargestellt.

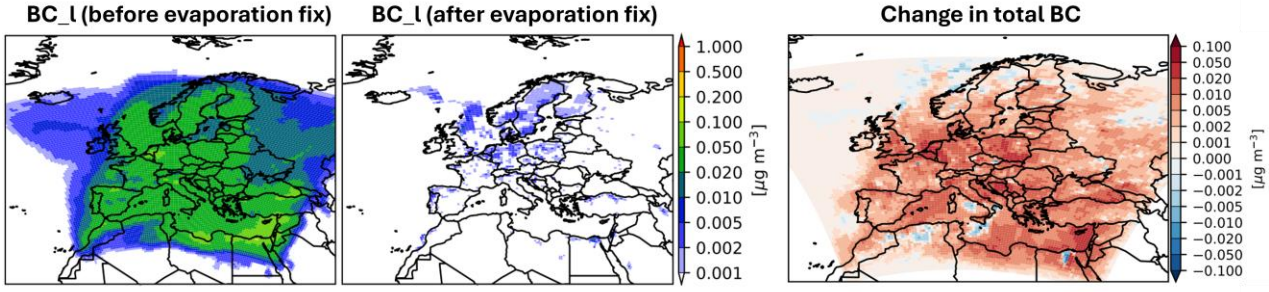


Abbildung 1: Auswirkung der Behebung des beschriebenen Fehlers auf die bodennahe Konzentration von Ruß in der Flüssigphase (BC_l, links) und Änderung der Massenkonzentration von Rußpartikeln (ohne BC_l, rechts); jeweils Monatsmittel für August 2019.

In Zusammenhang mit der oben beschriebenen Fehlerkorrektur wurde auch ein effizienteres Verfahren zur Berechnung der Evaporationsfraktionen zur Aufteilung der Aerosolmasse bei Evaporation von Wolkentröpfchen in die verschiedenen Aerosolmoden entwickelt. Dadurch kann der Knoten-Speicherbedarf für dieses Setup deutlich reduziert werden, was den Ressourcenverbrauch (node-h) um ca. 35% verringert.

Für die ursprünglich geplanten regionalen Aerosol-Simulationen zum Effekt veränderter Aerosol-Größenverteilung emittierter Partikel soll dieses neue Modellsetup verwendet werden. Die Simulationen werden in das kommende Jahr verschoben (siehe Antrag). Die verbrauchte Rechenzeit wurde benötigt um einerseits Test- und Sensitivitätssimulationen durchzuführen sowie schließlich eine Simulation durchzuführen in welcher der Fehler behoben ist als neue Referenz.

2. Regionale Aerosol Simulationen: sekundär organisches Aerosol

Die geplanten regionalen Simulationen zu sekundär organischen Aerosolen konnten wegen laufender Modellweiterentwicklungen sowie den Kürzungen der Ressourcen nicht durchgeführt werden (siehe oben) und sind für das nächste Jahr geplant. Hierfür soll auch das neue Modellsetup (siehe oben) mit verringertem Ressourcenverbrauch verwendet werden.

3. Datenmanagement

3.1 **Regionale Aerosol Simulationen**

Die bereits durchgeführten regionalen Aerosol-Simulationen wurden für Vergleiche mit Messdaten verwendet. Eine Evaluation der Auswirkungen der oben beschriebenen Modellanpassungen und Fehlerkorrekturen wird momentan durchgeführt. Eine Publikation dieser Analysen wird vorbereitet. Des Weiteren ist eine Publikation, in welcher die Modellergebnisse als Randbedingungen für stadtskalige Modelle verwendet werden, eingereicht.

3.2 **Sensitivitätsstudien zu NO_x Emissionen des europäischen Landverkehrs**

Die Daten wurden im Rahmen einer Publikation ausgewertet, um den Unterschied zwischen den Ergebnissen des Tagging-Verfahrens („Markierungsverfahren“) und der Perturbationsmethode („Sensitivitätsmethode“) zu untersuchen. In dieser Publikation wird insbesondere untersucht, wie die Kombination beider Methoden zum Verständnis der Ozonkonzentrationsänderungen infolge möglicher Emissionsreduktionen beitragen kann. Die Publikation ist kurz vor der Einreichung

3.3 **Einfluss von Schiffsemissionen auf troposphärisches Ozon**

Die zugehörige Publikation wurde akzeptiert und ist veröffentlicht (Nalam et al., 2026). In dieser wurde in einem Multi-Modell-Ansatz der Einfluss von Schiffsemissionen auf troposphärisches Ozon untersucht. Der Fokus lag auf dem Vergleich verschiedener Quellzuordnungsmethoden. Verglichen wurden zwei unterschiedliche Tagging-Ansätze: ein Ansatz, in dem nur NO_x-Moleküle markiert werden (Modell CAM4-Chem), und ein Ansatz, in dem sowohl NO_x- als auch VOC-Moleküle markiert werden (EMAC). Zusätzlich wurde mit CAM4-Chem, EMAC sowie EMEP jeweils eine Perturbationssimulation durchgeführt, in der die NO_x-Emissionen des Schiffsverkehrs um 85 % reduziert wurden. Die Modellergebnisse zeigen einen Beitrag der Schiffsemissionen zu bodennahem Ozon von 10 % (NO_x-Tagging) bzw. 7,7 % (NO_x-/VOC-Tagging). Die Ozonänderungen infolge der Emissionsreduktion sind 2- bis 3-mal kleiner als die entsprechenden Tagging-Beiträge. Dies verdeutlicht, dass es im Policy-Kontext wichtig ist, die verschiedenen Methoden (Tagging / Perturbation) klar zu unterscheiden und deren Ergebnisse nicht miteinander zu verwechseln.

Nalam, A., Mertens, M., Grewe, V., van Caspel, W., Jonson, J. E., & Butler, T. (2026). Understanding the effect of international ship NOx emissions on surface O3 concentration using three different attribution approaches. Atmospheric Environment, 384, 122328. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2026.122328