

Projekt: **80**

Projekttitel: **Klima und Verkehr (DLR-Institut für Physik der Atmosphäre)**

Federführende Wissenschaftler: **Prof. Dr. Robert Sausen, Dr. Johannes Hendricks**

Berichtszeitraum: **1.1.2014 - 31.12.2015**

Bericht 2014-2015 „Klima und Verkehr“

1 Effekte von Aerosolen aus dem Verkehr auf Atmosphäre und Klima

Verantwortlich: Hendricks (b309012), Righi (b309057), Kaiser (b309086)

Im Berichtszeitraum konnte das verwendete Aerosolsubmodell MADE in die EMAC 2.50-Umgebung (bisher EMAC1.4) implementiert werden. Die Implementation erfolgte in Analogie zur Implementation des weiterentwickelten Submodells MADE3 (vgl. Abschnitt 2). Für MADE wurde bereits auch die Kopplung mit dem mikrophysikalischen ECHAM5-2-Momenten-Wolkenschema (aerosolinduzierte Wolkenbildung) und dem EMAC-Strahlungssubmodell realisiert. Zur Evaluierung dieser Modellkonfiguration wurde dann eine Referenzsimulation durchgeführt und die erhaltenen Resultate mit Beobachtungsdaten verglichen (vgl. Abschnitt 2). Leider war der Entwicklungsaufwand dieser Modellvariante größer als zuvor angenommen. Insbesondere hinsichtlich der Darstellung der Aerosolprozessierung in Wolken und Niederschlag und des Auswaschens der Partikel (EMAC-Submodell SCAV) waren sehr zeitintensive Entwicklungsarbeiten erforderlich. Aus diesem Grund führten wir im Berichtszeitraum zwar eine große Anzahl kurzer Testrechnungen und eine lange Referenzsimulation durch, die geplanten ressourcenintensiven Anwendungen des Modells konnten jedoch noch nicht erfolgen und sind daher für 2016 mit dem weiterentwickelten Submodell MADE3 geplant (vgl. Abschnitt 2 und entsprechenden Rechenzeitantrag). Auch die Aktualisierung des mikrophysikalischen Wolkenschemas entsprechend Kuebbeler et al. (2014) musste auf 2016 verschoben werden. Aus diesen Gründen konnte ein Teil der beantragten Ressourcen nicht verbraucht werden.

2 Effekte von Schiffsemissionen auf das globale Aerosol und das Klima

Verantwortlich: Kaiser (b309086) / Righi (b309057) / Hendricks (b309012)

Die Entwicklung des neuen Aerosolsubmodells MADE3 konnte im Berichtszeitraum abgeschlossen werden (Kaiser et al., 2014). MADE3 konnte dann erfolgreich in die EMAC2.50-Umgebung implementiert werden, wobei es zunächst als nicht rückkoppelnd integriert wurde, d.h. es wurden i) Effekte des prognostizierten (MADE3) Aerosols auf Wolken vernachlässigt und ii) das Strahlungsmodul mit einer Aerosolklimatologie statt des prognostizierten Aerosols angetrieben. Mit dieser Version konnte dann eine erste Referenzsimulation erfolgen, die zu Vergleichszwecken in analoger Weise auch mit dem einfacheren Aerosolmodell MADE (Abschnitt 1) durchgeführt wurde. Umfangreiche Vergleiche mit Beobachtungsdaten zeigten dann, dass MADE3 in dieser Konfiguration einsetzbar ist und belastbare Ergebnisse liefert (Beispielsergebnisse in Abbildungen 1 und 2). Da MADE3 in den erfolgten Vergleichen MADE überlegen ist, soll es in Zukunft als Standardaerosolmodul verwendet werden (vgl. entsprechender Rechenzeitantrag 2016).

Desweiteren wurden mit EMAC/MADE3 dann verschiedene Rechnungen zur Wirkung von Emissionen des globalen Schiffsverkehrs auf das atmosphärische Aerosol durchgeführt. So wurden Simulationen eines mehrjährigen Zeitraumes (1995-2005) unter Berücksichtigung sowie zum Vergleich auch bei Vernachlässigung der Emissionen des Schiffsverkehrs durchgeführt. Im Gegensatz zu der entsprechenden mit MADE durchgeführten Vorgängerstudie (Righi et al., 2013) zeigt sich in den Simulationen mit MADE3 eine Aufnahme großer Mengen von Nitrat aus dem Schiffsverkehr in grobe Partikel ($> \sim 1 \mu\text{m}$), was bisher aus modelltechnischen Gründen nicht simuliert werden konnte, sowie eine deutliche Veränderung der Partikelgrößenverteilung. Die Sulfataufnahme in feine Partikel erwies sich jedoch als weitgehend unverändert, da kaum Aufnahme in grobe Partikel erfolgte. Zusätzlich konnten entsprechende Sensitivitätsstudien zur Veränderung der Schiffseffekte bei Annahme schwefelarmer Treibstoffe realisiert werden. Im Vergleich zu den

Schiffseffekten in den Standardsimulationen zeigt sich eine deutliche Reduktion des Aerosolsulfates bei gleichzeitiger Erhöhung des Nitratanteils und Veränderungen der Partikelgrößenverteilung. In 2016 sollen die Wirkungen der mit MADE3 quantifizierten, schiffsinduzierten Aerosolveränderungen auf die Strahlungsbilanz quantifiziert werden (vgl. entsprechender Rechenzeitantrag).

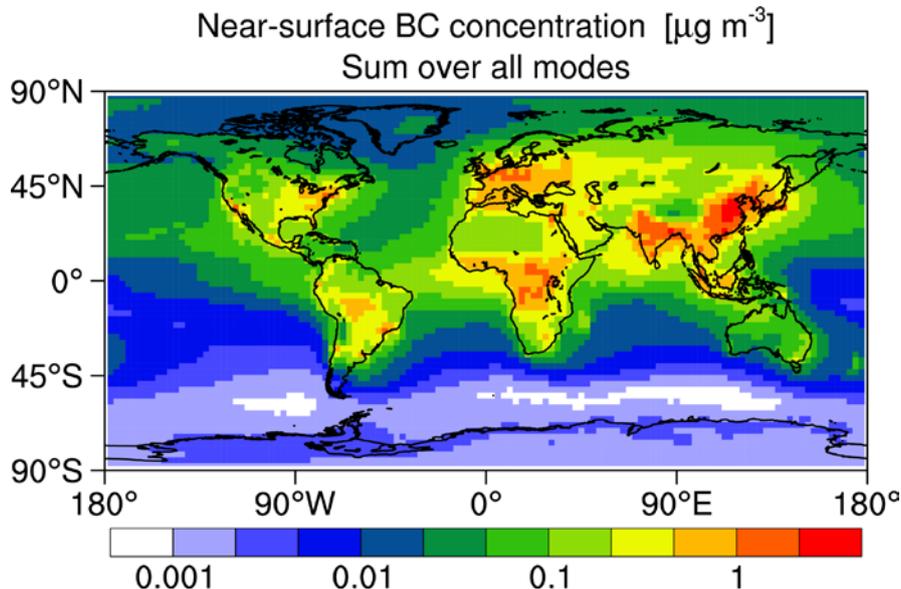


Abbildung 1: Mit dem Aerosolsubmodell MADE3 in der EMAC2.50-Umgebung simulierte globale Verteilung der mittleren bodennahen Rußkonzentration (black carbon, BC), bei Annahme von Emissionen des Jahres 2000.

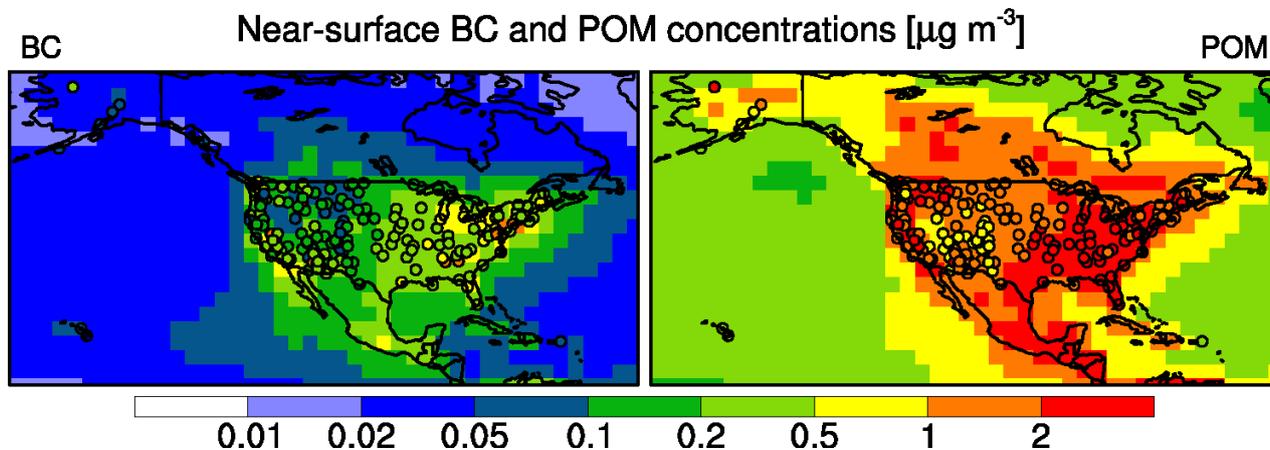


Abbildung 2: Mit dem Aerosolsubmodell MADE3 in der EMAC2.50-Umgebung simulierte, mittlere bodennahe Konzentrationen von Ruß (BC) und partikulärem organischem Kohlenstoff (particulate organic matter, POM) über Nordamerika im Vergleich zu Stationsmessungen (gefüllte Kreise) des IMPROVE-Netzwerks (Hand et al., 2011).

3 Effekte von Verkehrsemissionen auf das Aerosol der oberen Troposphäre

Verantwortlich: Hendricks (b309012) / Righi (b309057)

Die geplanten Simulationen mit MADE-in (Aquila et al., 2011) wurden nicht durchgeführt, da wir aus Gründen der Vergleichbarkeit anstrebten, hier ebenfalls die EMAC2.50-Umgebung zu verwenden, was durch die oben genannten Schwierigkeiten verzögert wurde. Stattdessen planen wir, derartige Simulationen in Zukunft mit MADE3 durchzuführen, da es MADE-in durch den Einbezug grober Aerosolpartikel in der Aerosolmikrophysik deutlich überlegen ist.

4 Vereinfachtes Aerosol-Klimamodell

Verantwortlich: Righi (b309057) / Hendricks (b309012)

Während des Berichtszeitraumes wurde deutlich, dass die Anwendungen zur Bewertung der Klimaeffekte in Verkehrsszenarien des VEU-2-Projektes, für das die hier beschriebenen Simulationen durchgeführt werden, sich auch in Zukunft auf Europa fokussieren werden und auch mittelfristig keine Szenarien für andere Kontinente erstellt werden. Daher wurden die geplanten Rechnungen zunächst zurückgestellt, um dann später mit einer aktualisierten Modellversion durchgeführt werden zu können.

5 Rückkopplungsanalyse

Verantwortlich: Ponater(b309003)

Da der Antrag zum dem Projekt, das hier mit Rechenzeit ausgestattet werden sollte, leider abgelehnt wurde, konnten die hier geplanten Rechnungen nicht durchgeführt werden.

Entstandene Publikationen:

Kaiser, C., 2015: Including Coarse Mode Aerosol Microphysics in a Climate Model: Model Development and First Application, Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität, München.

Righi, M., Hendricks, J., Sausen, R., 2015: The global impact of the transport sectors on atmospheric aerosol in 2030 – Part 1: Land transport and shipping, *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 633–651.

Righi, M., Hendricks, J., Sausen, R.: The global impact of the transport sectors on atmospheric aerosol in 2030 – Part 2: Aviation, submitted to *Atmos. Chem. Phys.*.

Sonstige Referenzen:

Aquila, V., Hendricks, J., Lauer, A., Riemer, N., Vogel, H., Baumgardner, D., Minikin, A., Petzold, A., Schwarz, J. P., Spackman, J. R., Weinzierl, B., Righi, M., and Dall'Amico, M., 2011: MADE-in: a new aerosol microphysics submodel for global simulation of insoluble particles and their mixing state, *Geosci. Model Dev.*, 4, 325–355, doi:10.5194/gmd-4-325-2011.

Hand, J. L., Copeland, S. A., Day, D. E., Dillner, A. M., Indresand, H., Malm, W. C., McDade, C. E., Moore Jr., C. T., Pitchford, M. A., Schichtel, B. A., and Watson, J. G., 2011: Spatial and seasonal patterns and temporal variability of haze and its constituents in the United States, Tech. rep., Interagency Monitoring of Protected Visual Environments.

Kaiser, J. C., Hendricks, J., Righi, M., Riemer, N., Zaveri, R. A., Metzger, S., Aquila, V., 2014: The MESSy aerosol submodel MADE3 (v2.0b): description and a box model test, *Geosci. Model Dev.*, 7(3), 1137–1157.

Kuebbeler, M., Lohmann, U., Hendricks, J., Kärcher, B., 2014: Dust ice nuclei effects on cirrus clouds, *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 3027–3046.

Righi, M., Hendricks, J., Sausen R., 2013: The global impact of the transport sectors on atmospheric aerosol: simulations for year 2000 emissions, *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 9939–9970, doi:10.5194/acp-13-9939-2013.