Project: **1130**
Project title: **Lagrangian Trajectories in ICON**
Principle investigator: **Bastian Kern**
Report period: **2025-11-01 to 2026-10-31**

Während der Antragsperiode wurde das Online-Trajektorienmodul `LaMETTA` (Lagrangian Model for Efficient Trajectory Transport in the Atmosphere) weiterentwickelt. LaMETTA ist nun vollständig in `ICON` über das `MESSy` (Modular Earth Submodel System; [3]) verwendbar. Dabei werden Gitterverfeinerungen, zusätzlich auch mit einem horizontalen Nesting, unterstützt. Der Pfad der Lagrangeschen Partikel wird automatisch mit dem in der jeweiligen Region höchst-aufgelösten Windfeld und dem entsprechendem Zeitschrittt der regionalen Verfeinerung berechnet. Die Kopplung an `ICON` erfolgt über die `ComIn` Schnittstelle [1]. Die `MPI` Kommunikation in `LaMETTA` zur Übergabe von Lagrangeschen Partikeln zwischen den einzelnen Tasks wurde optimiert, die notwendigen Kommunikationsmuster werden mit Hilfe der `YAXT` Bibliothek [2] erstellt, die die Beziehungen verschiedener Prozesse untereinander beim Austausch in den Halo-Regionen zur Verfügung stellt.

Es wurden die Checkpointing und Restart-Möglichkeiten von `LaMETTA` erweitert, um eine Änderung der parallelen Domain-Dekomposition nach einem Restart zu ermöglichen. Neben einer globalen Anwendung ("Domain-Filling"), bei der zum Modellstart über das gesamte Gebiet Lagrangesche Partikel initialisiert werden, sind nun weitere Betriebsmodi des Lagrangeschen Partikelmodells verfügbar, die durch den Nutzer ausgewählt werden können. Lagrangesche Partikel können jetzt in vorgegebenen Regionen gestartet werden oder dynamisch anhand eines Variablenfeldes. Dabei werden neue Lagrangesche Partikel (mit einer wählbaren Lebenszeit) in den Regionen oder an Orten, an denen das gewählte Variablenfeld vorgegebene Kriterien erfüllt initialisiert. In diesen Fällen könne vom Nutzer verschiedene Seeding-Perioden, zeitliche und räumliche Intervalle und die Lebenszeit der Lagrangeschen Partikel vorgegeben werden.

Durch umfassende Optimierung und Abschluss der Anpassungen an die `ComIn` Schnittstelle konnte die Modellperformance verbessert werden. Durch die umfassenden Entwicklungsarbeiten und die Implementierung der weiteren Betriebsmodi musste die Evaluierung des Gesamtsystems verschoben werden. Die Arbeiten ermöglichen eine Regionalisierung von Simulationen mit dem Trajektorienmodell und kommen in einem laufenden DLR Projekt zur Ausbreitung von Emissionen aus Waldbränden zur Anwendung. Dabei werden über analysierten Waldbrandregionen neue Lagrangesche Partikel gestartet und deren Ausbreitung in der Atmosphäre verfolgt. Figure 1 zeigt eine Exemplarische Anwendung für ein Waldbrandereignis in Kanada und den Transport der Emissionen über den Atlantik. Dabei können Lagrangesche Partikel auch in-situ während einer Simulation über die angebundene Catalyst Bibliothek [4] in Paraview visualisiert werden.

References

[1] Hartung, K., Kern, B., Dreier, N.-A., Geisbüsch, J., Haghighatnasab, M., Jöckel, P., Kerkweg, A., Loch, W. J., Prill, F., and Rieger, D.: ICON ComIn – the ICON Community Interface (ComIn version 0.1.0, with ICON version 2024.01-01), Geosci. Model Dev., 18, 1001–1015, https://doi.org/10.5194/gmd-18-1001-2025, 2025

[2] https://dkrz-sw.gitlab-pages.dkrz.de/yaxt/index.html

[3] https://messy-interface.org/

[4] https://docs.paraview.org/en/latest/Catalyst/index.html

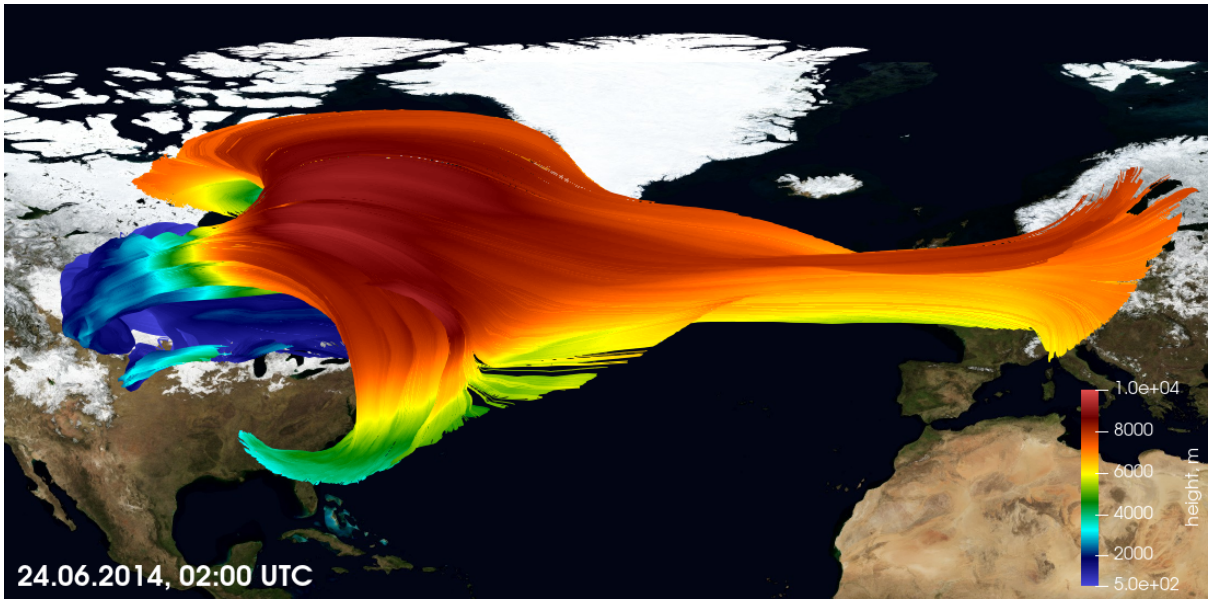


Figure 1: Trajektorien Lagrangescher Partikel, die in einer vorgegebenen Region in Kanada mit einem Seeding-Intervall von 4 Stunden initialisiert wurden. Die Partikellebenszeit beträgt 10 Tage. Die Höhe der Partikelpfade ist farblich codiert. Die Ausbreitung der Partikel zeigt exemplarische den Transport von Emissionen aus Waldbränden über den Atlantik über einen Zeitraum von ca. 1,5 Wochen. ICON Simulation mit LaMETTA im Betriebsmodus "regional", bei dem Seeding-Regionen und -Intervalle vorgegeben werden können. Die Kopplung von MESSy an ICON erfolgt über die ComIn Schnittstelle.