

Project: **1130**
Project title: **Lagrangian Trajectories in ICON**
Principle investigator: **Bastian Kern**
Report period: **2023-11-01 to 2024-10-31**

Während der Antragsperiode wurde das Online-Trajektorienmodul **LaMETTA** (Lagrangian Model for Efficient Trajectory Transport in the Atmosphere) weiterentwickelt. Alle Funktionalitäten zur globalen Anwendung von **LaMETTA** vergleichbar mit **ATTILA** [1] wurden vollständig implementiert. Die Kopplung zu den Submodellen, relevant für Tracerprozesse, sowie zu Transformationen zwischen Gitterpunktraum und Trajektoriendarstellung wurde abgeschlossen. Der Code wurde refaktoriisiert und optimiert.

Im vergangenen Jahr wurde durch eine Vielzahl an Testsimulationen Unstimmigkeiten und Fehler im Code entdeckt. Diese wurden behoben, teilweise mussten dabei auch optimal auf die Implementierung von **LaMETTA** abgestimmte technische Lösungen implementiert werden.

Dies betraf insbesondere

- das Nesting von Domains (Fig. 1). Dieses ermöglicht einen Übergang der Trajektorien zwischen verschiedenen geschachtelten Gebieten in einer **ICON** Simulation. Dabei wird berücksichtigt, dass räumlich überlappende Gebiete in der räumlichen Dekomposition auf verschiedenen Tasks (PEs) behandelt werden und die Trajektorien bei einem Übergang zwischen Gebieten synchronisiert werden müssen. Es werden auch eingeschachtelte Gebiete berücksichtigt, deren Oberrand nicht bis zum Oberrand des Elterngbietes reicht.
- die Lagrangesche Konvektion. Der Code der Lagrangeschen Konvektion wurde von Grund auf refaktoriisiert. Unter anderem wurden Funktionen und Routinen im Code verschoben und in Modulen zusammengefasst. Die Iterationsschleife zur Berechnung des Absinkens von Lagrangeschen Paketen in konverktiven Gebieten wurde in die entsprechende Core-Routine verlagert, um unnötige Funktionsaufrufe aus **LaMETTA** selbst zu minimieren.

Für die Lagrangesche Konvektion und stochastische Prozesse werden in der **LaMETTA** Implementierung Zufallszahlen verwendet. Zur Zeit ist die Implementierung deren Variablenstruktur noch nicht die unabhängig von der räumlichen Dekomposition. Dies bedeutet, dass Simulationen, die von einem Checkpoint (Restart-Dateien) mit einer unterschiedlichen Anzahl von Tasks gestartet werden, verschiedene Ergebnisse liefern. Dies kann zu Problemen, insbesondere beim Debugging oder der Coderefaktorierung, führen, da dabei oft Ergebnisse verschiedener Implementierungsschritte verglichen werden müssen. Zur Zeit testen wir verschiedene Konzepte, um dieses Problem zu lösen.

Es wurde ein neues diagnostisches Submodell **LADIAG** entwickelt, das es erlaubt Gitterpunktvariablen auf den Trajektorien auszugeben. Die Auswahl der Variablen erfolgt dabei flexibel über eine Fortran Namelist und kann vom Anwender bestimmt werden.

Im Rahmen der Code-Refaktorisierung wurden Funktionen in den **MESSy** Submodellen, die die Lagrangeschen Implementierungen betrifft vereinheitlicht und in Fortran Modulen als Infrastruktur-Submodell **tools_lagrange** zusammengefasst. **MESSy** enthält zur Zeit drei verschiedene Lagrangesche Submodelle (**ATTILA**, **CLaMS**, **LaMETTA**), wobei **ATTILA** und **CLaMS** für die Anwendung mit **ECHAM** vorgesehen sind und **LaMETTA** speziell für **ICON** entwickelt wurde.

References

- [1] Brinkop, S. und Jöckel, P.: **ATTILA 4.0: Lagrangian advective and convective transport of passive tracers within the ECHAM5/MESSy (2.53.0) chemistry-climate model**, Geoscientific Model Development, 12, 1991-2008, 2019

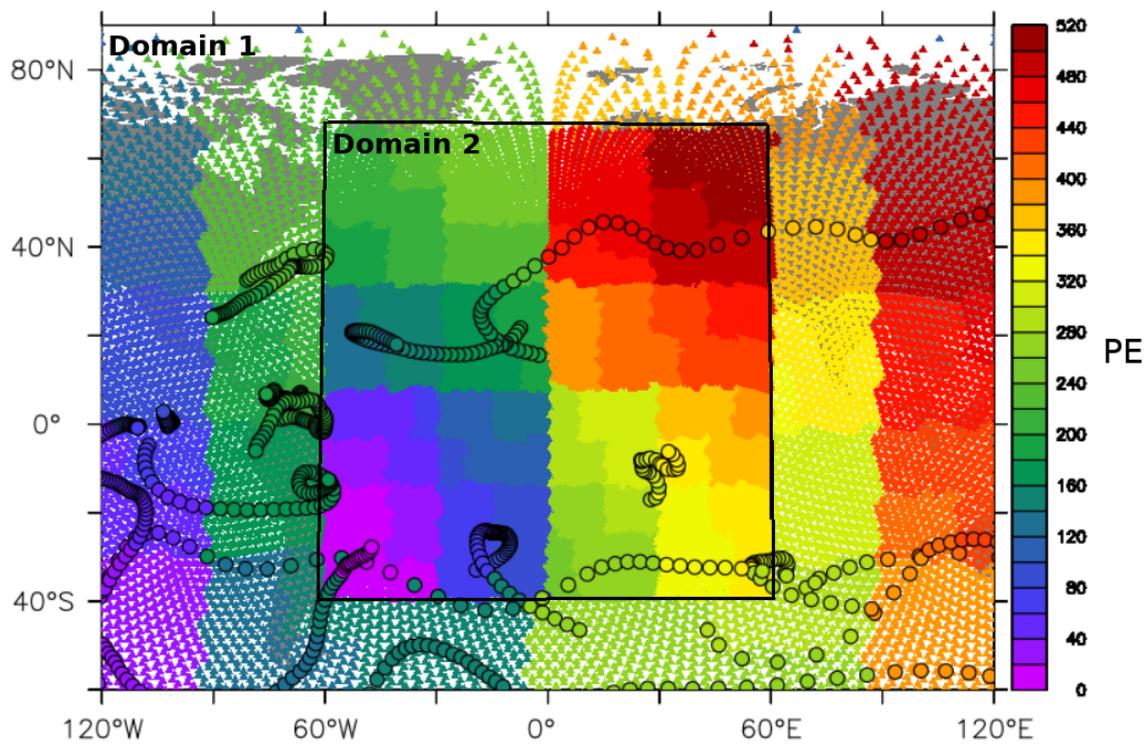


Figure 1: Trajektorien exemplarischer Lagrangescher Pakete (Kreise), die mit der Zeit durch verschiedene geschachtelte Gebiete im Modell transportiert werden. Die Farbe gibt den zugehörigen Task (PE) des Modellgebiets in der räumlichen Zerlegung der jeweiligen "Domain" an (Dreiecke, Hintergrund), bzw. den Task auf der das Lagrangesche Paket gespeichert ist (ausgefüllte Kreise). Beim Transport durch ein Gebiet wird die Trajektorie am Rand des jeweiligen Tasks direkt übergeben. Beim Wechsel auf ein eingeschachteltes Gebiete mit höherer Auflösung erfolgt der Wechsel des Tasks erst innerhalb des Übergangsbereichs der Gitterverfeinerung (unterschiedliche Farbe der Trajektorie im Vergleich zum Gitter am Rand des eingeschachtelten Gebiets).