

ICON – Entwicklung einer neuen Generation von Klima- und Wettervorhersagemodellen

Das Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M) und der Deutsche Wetterdienst (DWD) entwickeln im ICON-Projekt eine neue Generation von Klima- und Wettervorhersagemodellen, deren Gitter von Ikosaedern abgeleitet werden. Es werden sowohl Atmosphären- als auch Ozeanmodelle entwickelt, die allein oder gekoppelt eingesetzt werden können. Erstmals wird hierbei für Atmosphäre und Ozean ein gemeinsames Gitter verwendet. Für die Wettervorhersage wurde ein Verfahren entwickelt, um eine oder mehrere Regionen mit erhöhter Auflösung eingebettet in einem globalen Modell mitzurechnen. Diese koordinierte Entwicklung eines Atmosphären- und Ozeanmodells in einem einzigen System, sowohl für Klimaforschungszwecke als auch für die operationelle Nutzung in der Wettervorhersage, ist weltweit einzigartig.

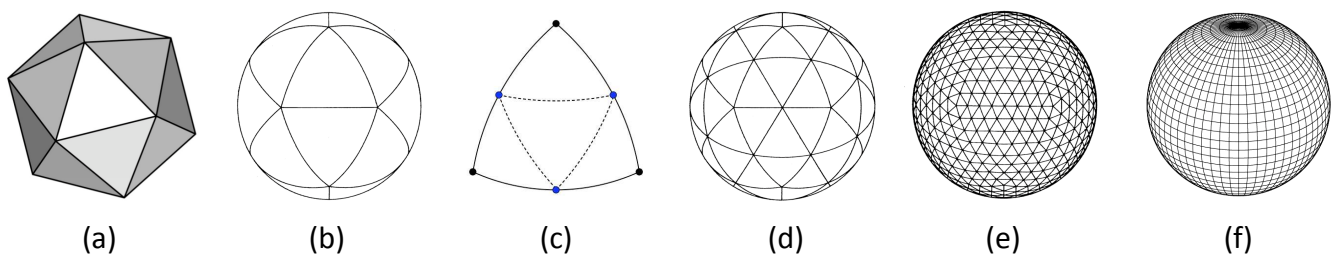
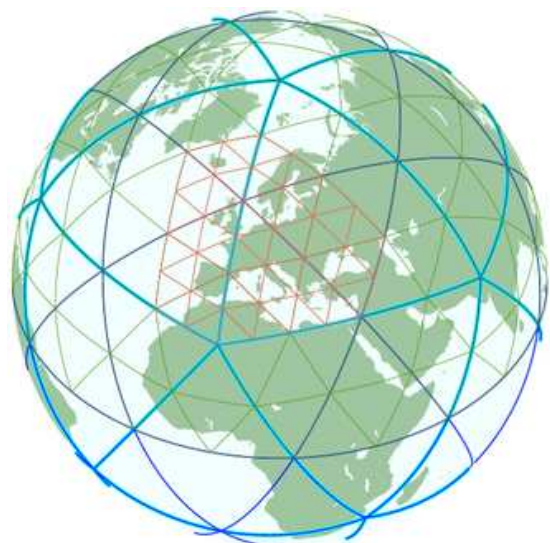


Abbildung 1 erläutert die Gitterkonstruktion. Der Ikosaeder (a) wird auf eine Kugel projiziert (b), dann in jedem sphärischen Dreieck durch Verbindung der Seitenmittelpunkte mittels Großkreissegmenten viergeteilt (c). Nach der ersten Verfeinerung des sphärischen Ikosaeders (d) kann das Verfahren in gleicher Weise fortgesetzt werden. Nach zwei weiteren Schritten wird das Gitter (e) erreicht. Solche Gitter vermeiden die polaren Singularität von traditionellen geografischen Länge-/Breite-Gitter (f).

Abbildung 2: Beispiel für ein regional verfeinertes Gitter. Der sphärische Ikosaeder (hellblau) wurde in drei Schritten global und regional verfeinert: im ersten Schritt global (dunkelblau), im zweiten Schritt auf der Nordhemisphäre (grün), im dritten und letzten Schritt in einer Region über Europa (rot).



Warum brauchen die Projektpartner neue Modelle? Beide Einrichtungen arbeiten erfolgreich mit ihren aktuellen Klimamodellen der Serie ECHAM/MPIOM (MPI-M) oder mit den aktuellen Wettervorhersagemodellen GME und COSMO (DWD). Zugleich ergeben sich aber aus der laufenden Forschung und der Anwendung in der Wettervorhersage neue Bedürfnisse und Notwendigkeiten. Was kann ICON, das die bisherigen Modelle ECHAM oder GME nicht können?

Ein paar Antworten in Kürze:

- **Gleichungssystem:** Durch die Lösung der nicht-hydrostatischen atmosphärischen Bewegungsgleichungen kann die Zirkulation in sehr viel höherer Auflösung simuliert werden.
- **Numerik:** Die neu entwickelte Numerik erlaubt die konsistente Lösung der Kontinuitäts- und Transportgleichung. Masse sowie bei bestimmten Konfigurationen Energie werden durch die Numerik erhalten.
- **Gitter:** Die zugrunde liegenden ikosaedrischen Gitter sind neu in der Klimamodellierung. Sie erlauben vielfältige und flexible Konfigurationen: globale oder regionale Gitter, gleichmäßig aufgelöste oder regional verfeinerte Gitter. Gleiche Gitter können für Atmosphären- und Ozeanmodell verwendet werden.
- **Parametrisierte Prozesse:** Die Parametrisierungen zur Beschreibung der physikalischen Prozesse in Atmosphäre und Ozean lassen sich innerhalb desselben Systems für sehr unterschiedliche Skalen entwickeln und nutzen, für Auflösungen von ~100 km für lange Klimasimulationen bis zu Auflösungen von wenigen km für Wettervorhersagen über wenige Tage.
- **Infrastruktur:** Atmosphären- und Ozeanmodelle nutzen eine gemeinsame Infrastruktur für Daten I/O, Parallelisierung, Steuerung etc. Durch die einheitliche Softwarestruktur wird der Aufwand für die technische Entwicklung erheblich verringert.
- **Skalierbarkeit:** ICON ist hoch skalierbar, um auf zukünftigen massiv parallelen Rechnersystemen genutzt werden zu können.
- **Portabilität:** Das Modell ist auf einer Vielfalt von Rechnerarchitekturen einsetzbar, von Laptops bis zu den Höchstleistungsrechnern am Deutschen Klimarechenzentrum (DKRZ) oder beim DWD.

Aus der gemeinsamen Entwicklung des Modellsystems durch das MPI-M und den DWD ergeben sich konkrete Vorteile. Während das MPI-M eine starke Expertise in Klimasimulationen mit gekoppelten Erdsystemmodellen über Zeiträume von wenigen Jahren bis mehreren Jahrhunderten hat, besitzt der DWD große Erfahrung im Bereich der hochaufgelösten atmosphärischen Modellierung und der Quantifizierung von Vorhersagefehlern in den täglichen Wettervorhersagen. Diese gemeinsame Expertise ist vorteilhaft für die Entwicklung hochaufgelöster Modelle. Diese werden sowohl für die Erforschung der Rolle kleinskaliger Prozesse im Klimasystem benötigt als auch für die operationelle Wettervorhersage mit gekoppelten Atmosphäre-Ozean-Modellen über mehrere Monate und möglicherweise später über wenige Jahre.

Im ICON-Projekt wurden verschiedene Zwischenziele auf dem Weg zu einem gekoppelten Klimamodell sowie zu ersten operationellen Wettervorhersagen, die für 2013 geplant sind, erreicht. In diesem Jahr 2011 lag und liegt der Schwerpunkt auf der Vervollständigung der bereits entwickelten dynamischen Kerne mit Parametrisierungspaketen für Wettervorhersage und für Klimasimulationen. So wurden für den Wettervorhersagebereich erste mit Wetteranalysen initialisierte Tests durchgeführt.

Im Klimabereich am MPI-M steht zurzeit das Problem des gekoppelten Wasserplaneten im Fokus, in dem ein Atmosphären- und ein Ozeanmodell auf einem landlosen Planeten gekoppelt durch Temperatur und Windschub an der Meeresoberfläche auf demselben horizontalen Gitter mit einer Auflösung von ca. 140 km gerechnet werden. Die Atmosphäre wird vertikal mit 47 Schichten bis in eine Höhe von 80 km (0.01 hPa) aufgelöst, während der globale Ozean mit 10 Schichten bis zum 5 km tiefen flachen Boden aufgelöst wird. Die atmosphärischen Prozesse werden durch das ECHAM-Physikpaket parametrisiert. Der Austausch der Kopplungsfelder erfolgt zu jedem Ozeanzeitschritt, d. h. jede halbe Stunde.

Abbildung 3 zeigt eine Momentaufnahme der Temperatur an der Meeresoberfläche und in vertikalen Nord-Süd-Querschnitten durch die Atmosphäre und den Ozean bei 0° geografischer Länge. Diese exemplarische Abbildung zeigt den Zustand nach einer Integrationszeit von ca. 2 Jahren aus einem Test, der letztendlich zu einer multidekadischen Simulation führen wird.

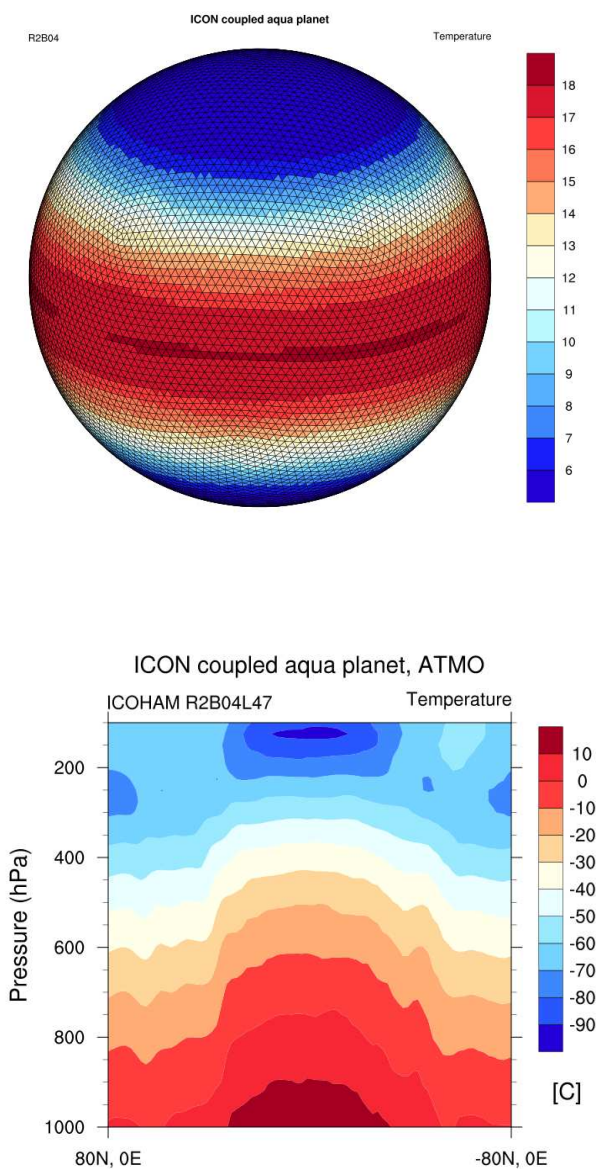


Abbildung 3. Oben: Meeresoberflächentemperatur in °C. Momentaufnahme nach zwei Jahren. Unten links und rechts: Temperatur in °C in der Atmosphäre bzw. im Ozean in einem Nord-Süd-Querschnitt bei 0° geografischer Länge.



Kontakt:

Dr. Marco Giorgetta
Max-Planck-Institut für Meteorologie
Tel.: +49 (0)40 41173 358
E-Mail: marco.giorgetta@zmaw.de

Dr. Peter Korn
Max-Planck-Institut für Meteorologie
Tel.: +49 (0)40 41173 470
E-Mail: peter.korn@zmaw.de

Dr. Günther Zängl
Deutscher Wetterdienst
Tel.: +49 (0)69 8062 2728
E-Mail: guenther.zaengl@dwd.de