



PRI C 38 / 2005 (175)

17. November 2005

Neue Software für die Erdsystem-Modellierung

"Modular Earth Submodel System (MESSy)" vom Max-Planck-Institut für Chemie mit dem Billing-Preis für wissenschaftliches Rechnen 2005 ausgezeichnet

Für die Entwicklung einer modular strukturierten Softwareumgebung, das "Modular Earth Submodel System (MESSy)", erhalten Patrick Jöckel und Rolf Sander vom Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz den mit 3.000 Euro dotierten Heinz-Billing-Preis 2005. Um die enge raumzeitliche Kopplung luftchemischer und meteorologischer Prozesse effizient und flexibel im Computer simulieren zu können, müssen die weltweit vorhandenen unterschiedlichen Programm-Module eng miteinander verknüpft werden. MESSy gestattet es nun, eine große Zahl von Modellen zur Beschreibung der in der Atmosphäre auflaufenden physikalischen und chemischen Vorgänge in einer Softwareumgebung zu integrieren und zu untersuchen, welche Rückkopplungen zwischen den einzelnen Prozessen bestehen. Dies ist ein wichtiger Schritt zu einem ganzheitlichen Erdsystemmodell, in dem sowohl Vorgänge in den Ozeanen als auch an Land und in der Luft in ihrer Wechselwirkungen untereinander untersucht werden können. In die Endauswahl kamen auch Ewgenij Gawrilow und Michael Joswig vom Fachbereich Mathematik der Technischen Universität Darmstadt mit ihrer Arbeit "Geometric Reasoning with polymake", einem Programm zum Studium von Polyedern in Geometrie und Topologie, sowie Christoph Wierling vom Max-Planck-Institut für molekulare Genetik, Berlin, mit "PyBioS - Ein Modellierungs- und Simulationssystem für komplexe biologische Prozesse". Die Preisverleihung erfolgt am 17. November in Göttingen.

Max-Planck-Gesellschaft
zur Förderung
der Wissenschaften e.V.
Referat für Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit

Hofgartenstraße 8
80539 München

Postfach 10 10 62
80084 München

Telefon: +49 (0)89 2108 - 1276
Telefax: +49 (0)89 2108 - 1207
presse@gv.mpg.de
Internet: www.mpg.de

Pressesprecher:
Dr. Bernd Wirsing (-1276)

Chef vom Dienst:
Dr. Andreas Trepte (-1238)

ISSN 0170-4656

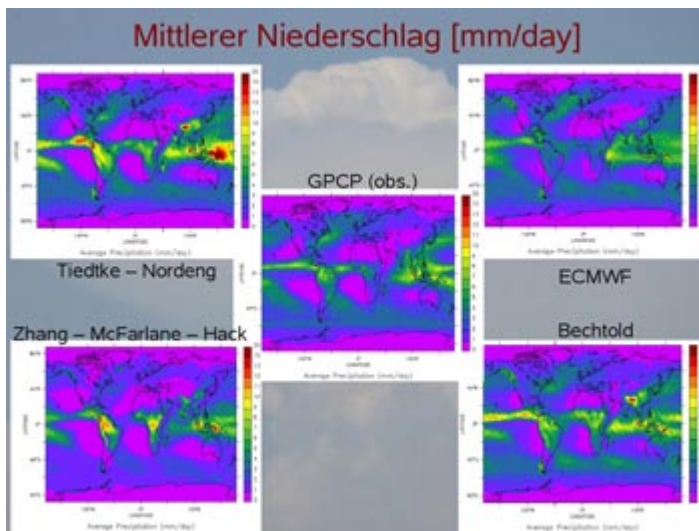


Abb. 1: Vergleich gemessener und simulierter Niederschlagsmengen: Die Struktur von MESSy ermöglicht es, einen Prozess mehrfach zu repräsentieren bzw. zu implementieren, wie zum Beispiel die Konvektionsparametrisierung in einem Modellsystem. Zwischen diesen Varianten kann dann beliebig hin- und hergeschaltet werden, ohne dass am System etwas geändert werden muss, sogar ohne Neukompilierung. Das ermöglicht zum ersten Mal einen systematischen und konsistenten Vergleich der Implementation von Simulationsprozessen. Die Aussagekraft eines solchen Vergleichs geht damit weit über herkömmliche Gesamtmodell-Vergleiche hinaus, weil MESSy es erstmals ermöglicht, einzelne Prozess-Repräsentationen gegeneinander auszutauschen statt komplexe Gesamtmodelle miteinander vergleichen zu müssen. Das Bild - ein Auszug aus der kurz vor dem Abschluss stehenden Dissertation von Holger Tost - zeigt in der Mitte eine Klimatologie des real gemessenen mittleren Niederschlages (in Millimeter/Tag) und darum herum den entsprechend mit vier verschiedenen Konvektions-Schemata berechneten Niederschlag. Beim Vergleich werden große Unterschiede deutlich, wodurch erstmals Unsicherheiten beim Verständnis und der Interpretation von Modell-Ergebnissen quantifizierbar werden.

Bild: Max-Planck-Institut für Chemie

Die Erkenntnis, dass die Entwicklung des Klimas der Erde entscheidenden Einfluss auf unsere zukünftigen Lebensbedingungen ausübt, hat weltweit zu großen wissenschaftlichen Anstrengungen geführt. Doch die Erde ist ein außerordentlich komplexes System - mit den sich gegenseitig beeinflussenden Vorgängen auf der Landoberfläche mit ihrer Vegetation, den Eisflächen und den Ozeanen sowie der Atmosphäre.

Heute geht es in der Forschung darum, die Erde mit all ihren wichtigen Einflussgrößen als ein Gesamtsystem zu betrachten - und "Erdsystemforschung" zu betreiben. Neben spezifischen Experimenten und Messungen sowie der Modellierung spezieller Detailfragen werden Computersimulationen, die das Gesamtsystem betrachten, zu einem immer wichtigeren Werkzeug für das Verständnis und die Vorhersage des Klimas. Hierfür spielt die Entwicklung neuer Modelle eine entscheidende Rolle. Diese müssen die unterschiedlichen Prozesse möglichst präzise abbilden und gleichzeitig offen für neue Entwicklungen sein.

Durch die enorme Leistungssteigerung bei Großrechnern und die gleichzeitige Zunahme verfügbarer Messdaten sind die ursprünglichen Computermodelle kontinuierlich gewachsen: In den Rechnungen wurden immer mehr Naturprozesse, wie die chemische Veränderung der Luftzusammensetzung, die Wolkenbildung durch Aerosole, etc. einbezogen. Dieses Wachstum der Modelle hat zu einer Vielfalt von Problemen geführt, die charakteristisch sind für gewachsene Programmstrukturen. Dazu gehört die Verzahnung einzelner Komponenten oder die schlechte Erweiterbarkeit. Letztendlich wird durch diese Entwicklung die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Modelle und Simulationsverfahren entscheidend erschwert.

Hier versucht das Modular Earth Submodel System (MESSy) Abhilfe zu schaffen, indem es einen strukturierten, modularen Aufbau eines umfassenden Erdsystemmodells, also eine Art "Baukasten" bereit stellt. MESSy umfasst dabei

- (1) eine Schnittstellendefinition mit Infrastruktur, um bestimmte Teilprozesse miteinander zu koppeln, und
- (2) eine erweiterbare Sammlung von Teilprozessen, die als so genannte "MESSy-Submodelle" implementiert sind.

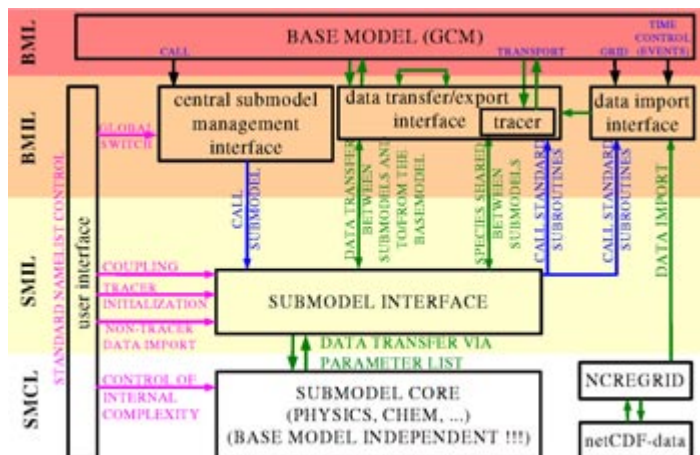


Abb. 2: Kern von MESSy ist eine in vier Schichten aufgebaute hierarchische Schnittstellendefinition. Die erste Schicht enthält die zentrale Steuerung, das Basismodell, die zweite die MESSy-Infrastruktur zur Kopplung der verschiedenen Teilprozesse, die dritte den prozessspezifischen Datentransfer zur Infrastruktur und zurück, und die vierte Schicht beinhaltet schließlich die eigentliche numerische Beschreibung der Teilprozesse des Systems. Da die Kopplung der Teilprozesse durch den kontrollierten Zugriff auf die gleichen Daten erfolgt, wird ein hohes Maß an Konsistenz bei gleichzeitiger hoher Effizienz erzielt. Durch den individuellen Zugriff auf jeden Teilprozess können je nach Anforderung mit demselben Programm sowohl Prozessstudien hoher Komplexität auf kurzen Zeitskalen als auch längerfristige Klimasimulationen mit reduzierter Komplexität gerechnet werden.

Bild: Max-Planck-Institut für Chemie

Da auf einzelne Prozesse zugegriffen werden kann, ermöglicht es MESSy, für einen bestimmten Prozess zwischen verschiedenen Implementierungen hin und her zu wechseln und auf diese Weise sowohl die einzelnen Simulationsverfahren als auch ihre Auswirkung auf das Gesamtsystem im Vergleich zu untersuchen - ein Aspekt, der gerade bei nichtlinearen Prozessen besonders wichtig ist, um Aussagen über die allgemeine Qualität von Vorhersagen zu erzielen. So kann man untersuchen, wie sich alternative Beschreibungen von Konvektion und Wolkenbildung auf die weltweite Verteilung von Blitzen auswirken, die wiederum für chemische Prozesse in der Atmosphäre eine große Rolle spielen. Oder man kann bei der Berechnung des Strahlungshaushaltes der Atmosphäre eine zunächst fest vorgeschriebene Verteilung von Treibhausgasen später leicht durch eine detailliertere, im Verlauf der Simulation selbst berechnete Verteilung austauschen, ohne dass am Strahlungsmodul selbst etwas geändert werden müsste.

Alle Komponenten von MESSy sind nach dem Fortran90-Standard programmiert. Der standardisierte Datenfluss des Systems gewährleistet eine lange Lebensdauer von bereits implementierten und validierten Submodellen, selbst wenn diese später erweitert werden.

Das Projekt MESSy ist offen für Beiträge aus unterschiedlichen Teildisziplinen der Erdsystemforschung und liefert ein gut strukturiertes und transparentes Werkzeug, um wichtige wissenschaftliche Fragen im Zusammenhang mit der Untersuchung unseres Planeten zu beantworten.

[PJ/AT]

Verwandte Links:

[1] [Das Projekt MESSy im Internet](#)

Kontakt:

Dr. Patrick Jöckel
[Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz](#)
Tel.: 06131 305-452
Fax: 06131 305-436
E-mail: joeckel@mpch-mainz.mpg.de

Dr. Rolf Sander
[Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz](#)
Tel.: 06131 305-449
Fax: 06131 305-436
E-mail: sander@mpch-mainz.mpg.de