

2012
2013



Liebe Leserinnen und Leser,

Sie halten heute unser Jahrbuch 2012/2013 in Händen, das einen Querschnitt unserer Arbeit zeigt. Wir fassen kurz die Ergebnisse wichtiger abgeschlossener Projekte zusammen und beleuchten den Status laufender und neu begonnener Projekte. Im Fokus dieser Ausgabe steht das CMIP5-Projekt für den 5. Weltklimabericht. Das DKRZ hat hier entscheidend zur Datenerzeugung und -verarbeitung beigetragen. Im Februar 2013 haben wir unser 25-jähriges Bestehen gefeiert und möchten Ihnen einige Impressionen vermitteln.

Das DKRZ-Team wünscht viel Spaß bei der Lektüre

Ihr



Thomas Ludwig

4	Chronik 2012
6	Chronik 2013
8	Veranstaltungen
10	Workshops
12	Ergebnisse
14	ScalES: Skalierbarkeit von Erdsystemmodellen
16	Publikation von Umweltdaten
18	WissGrid: Ein Netzwerk für die Wissenschaft
20	C3-INAD
22	Laufende Projekte
24	ExArch: Verteilte Datenarchive und Klimaanalyse
26	Steigerung der Energieeffizienz am DKRZ
28	EUDAT: Europas gemeinsame Datendienste
30	IS-ENES und IS-ENES2: Infrastruktur für die europäische Erdsystemforschung
32	Neue Projekte
34	MiKlip: Ein Großprojekt rechnet beim DKRZ
35	Der Langzeitarchiv-Service für DKRZ-Nutzer
36	WASCAL: Eine deutsch-westafrikanische Forschungsinitiative
37	LSDMA: Management und Analyse von großen Datenmengen
38	HD(CP) ² : Wolken und Niederschlagsprozesse im Klimasystem
39	Eindeutige Kennzeichnung von Daten: Persistente Identifikatoren
40	Im Fokus
42	Das CMIP5-Projekt und der 5. Weltklimabericht
48	Jubiläum: 25 Jahre Deutsches Klimarechenzentrum
54	Dies und Das
56	Zahlen, Daten, Fakten
57	Vorschau
	HLRE-3: Neuer Supercomputer im April 2015
58	Impressum

Abschluss des Projektes ScalES	1. Januar	
	20. Januar	Besuch von Olaf Scholz und Dorothee Stapelfeldt am KlimaCampus und DKRZ
Zwei Workshops zur Nutzung der Visualisierungssoftware „SimVis“ und Veröffentlichung eines Leitfadens	Januar	
	23. bis 24. Februar	Vorstellung der ersten Ergebnisse der CMIP5-Simulationen für den 5. Weltklimabericht des IPCC - gemeinsame Veranstaltung von MPI-M und DKRZ
Workshop „Scalable I/O in climate models“	27. bis 28. Februar	
	20. März	Gemeinsamer Workshop „Dialekte der Klimaforschung“ vom DKRZ und Dr. Gabriele Gramelsberger, Institut für Philosophie, FU Berlin
DKRZ auf dem 7. Extremwetterkongress im Studio Hamburg	20. bis 23. März	
	18. bis 19. April	Managementtreffen zum Projekt EUDAT
„Paralleles Rechnen vom Jahr 1757 bis zur Gegenwart“ – Vortrag von Prof. Ludwig in der Vortragsreihe der Mathematischen Gesellschaft in Hamburg	20. April	
	22. bis 27. April	DKRZ auf der <i>European Geosciences Union (EGU)</i> in Wien
Gemeinsamer Girls'Day von MPI-M und DKRZ	26. April	
	17. bis 21. Juni	DKRZ auf der <i>International Supercomputing Conference (ISC'12)</i> in Hamburg
Projekt „Visualisierungen von Schadstoffen aus Schiffsemissionen“ (u. a. als Fernsehbeitrag im Wirtschaftsmagazin Plusminus)	22. bis 29. Juni	

Workshop „Program Analysis and Tuning“	25. bis 26. Juni	
	11. September	Abschlussworkshop des eeClust-Projektes
EnA-HPC in Hamburg am DKRZ	12. September	
	17. bis 21. September	DKRZ bei der 3. Internationalen Konferenz für Erdsystemmodellierung in Hamburg
DKRZ auf der 4. Hamburger Klimawoche	24. bis 30. September	
	1. Oktober	Projektstart HD(CP) ² mit DKRZ als Partner
Workshops zur Visualisierungssoftware „Avizo Green“	1. bis 2. November	
	10. bis 16. November	DKRZ auf der <i>Supercomputing Conference (SC'12)</i> in Salt Lake City
25-jähriges Jubiläum der DKRZ-Gründung	11. November	
	12. November	GreenDay am DKRZ und KlimaCampus
Workshops zur Visualisierungssoftware „SimVis“	12. Dezember	
	Dezember	Start eines gemeinsamen Projekts mit dem Planetarium Hamburg

IS-ENES-Workshop am DKRZ



Workshop „Program Development with Eclipse“



Workshop „OpenACC and CUDA Fortran/C/C++“

Workshop „Program Analysis and Tuning“



DKRZ bei der EnviroInfo 2013 in Hamburg



14. Januar

22. Januar

11. bis 12. Februar

25. bis 26. Februar

4. bis 5. März

25. April

5. bis 7. August

September

September

2. bis 3. September

2. bis 4. September

19. September

September

DKRZ auf Symposium Forschungsdaten-Infrastrukturen (FDI 2013) im Geoforschungszentrum Potsdam

Festsymposium und Nutzerworkshop „25 Jahre DKRZ“ mit Veröffentlichung der Festschrift zum 25-jährigen Bestehen



Gemeinsamer Girls’Day von MPI-M und DKRZ

Ausbau und Neustrukturierung des Visualisierungsservers

DKRZ auf der EnA-HPC in Dresden

Eröffnung der Ausstellung zum Anthropozän-Projekt im Haus der Kulturen Berlin, u.a. mit Filmaufnahmen aus dem DKRZ-Rechnerraum



Veröffentlichung des 1.Teils des 5. Weltklimaberichts des IPCC

Auszeichnung der *Earth System Grid Federation* mit dem Partnerschaft-Award für exzellente Zusammenarbeit



DKRZ bei der 5. Nacht des Wissens in Hamburg



GreenDay am DKRZ

Workshop zur „2D Visualisierung mit NCL“

27. September

Oktober

21. Oktober

28. bis 29. Oktober

2. November

7. bis 8. November

12. November

16. bis 22. November

28. bis 29. November

5. Dezember

DKRZ-Aushilfe nach Serverabschaltung der Earth System Grid Federation in den USA

IS-ENES-Workshop „Scalable I/O in Climate Models“



Workshop zur 3D-Visualisierung mit „Avizo“

DKRZ auf der *Supercomputing Conference (SC’13)* in Denver



Workshop zur Visualisierung mit „Paraview“





Abb. 1: Zu Gast am DKRZ: Wissenschaftssenatorin Dr. Dorothee Stapelfeldt, Hamburgs Erster Bürgermeister Olaf Scholz und Prof. Dieter Lenzen, Präsident der Universität Hamburg (v.l.n.r.) informieren sich über die exzellente Hamburger Klimaforschung

Sichtbares DKRZ

Über vielfältige Wege informiert das DKRZ Öffentlichkeit, Politik und Medien über seine Arbeit: neben Broschüren und Filmen, die bei Veranstaltungen verteilt werden, gehört dazu ein reichhaltiges Internetangebot sowie Vorträge und Ausstellungen auf Fachkonferenzen oder Führungen für Besuchergruppen.

Am 20. Januar 2012 besuchten Hamburgs Erster Bürgermeister Olaf Scholz und Wissenschaftssenatorin Dr. Dorothee Stapelfeldt das DKRZ, um sich über die wissenschaftliche Arbeit des KlimaCampus und seiner Einrichtungen zu informieren.

Am 23. und 24. Februar 2012 stellten das Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M) und das DKRZ der Öffentlichkeit erste Ergebnisse der Simulationen für das CMIP5-Projekt und den 5. Weltklimabericht des IPCC vor. Die von DKRZ und MPI-M gemeinsam durch-



Abb. 2: Prof. Jochem Marotzke (rechts) und Prof. Thomas Ludwig (links) bei der Vorstellung der Hamburger Simulationen für den 5. IPCC-Bericht

geführten Simulationen beanspruchten für zwei Jahre etwa ein Viertel der Gesamtkapazität des DKRZ-Hochleistungsrechners.

Im März 2012 präsentierte sich das DKRZ auf dem populärwissenschaftlich ausgerichteten Extremwetterkongress. Das DKRZ informierte ein Fachpublikum aus der Erdsystemforschung auf der *3rd International Conference on Earth System Modelling* im September 2012 und im September 2013 auf der international etablierten Umweltinformatiktagung *EnviroInfo*.

Auf dem Gebiet des *High Performance Computing* (HPC) ist das DKRZ regelmäßig auf der *International Supercomputing Conference* (ISC), die im Juni 2012 in Hamburg stattfand, und auf der *Supercomputing Conference* (SC), im November 2012 in Salt Lake City und 2013 in Denver, vertreten. Beide zählen zu den

wichtigsten internationalen Konferenzen, die Wissenschaftler, Anwender und Entscheidungsträger zum Austausch über die neuesten HPC-Entwicklungen zusammenbringen.

Im September 2012 richtete das DKRZ in enger Kooperation mit der Universität Hamburg und der Gauß-Allianz zum dritten Mal die *Conference on Energy-Aware High Performance Computing* (EnA-HPC) in Hamburg aus, welche sich der Verbesserung der Energieeffizienz der Rechnersysteme widmet.

Publikumsmagnet auf Fachkonferenzen und bei öffentlichen Veranstaltungen wie der Klimawoche oder der Nacht des Wissens ist der am DKRZ entwickelte Klimaglobus. Hier können sich Besucher für verschiedene Zukunftsszenarien die Auswirkungen des Klimawandels rund um die Welt anschauen und sehen, wie sich Temperatur, Niederschlag, Meeresspiegel oder die Eisbedeckung in der Arktis ändern.

Im November 2013 öffnete das DKRZ gemeinsam mit dem KlimaCampus, dem MPI-M, dem Helmholtz-Zentrum Geesthacht und dem Climate Service Center seine Türen zur 5. Nacht des Wissens. Das Interesse der Öffentlichkeit an der Klimaforschung zeigte sowohl der Besucheransturm bei den Führungen zu den Rechnerräumen des DKRZ als auch bei der 3D-Visualisierung von Klimasimulationen.

Um insbesondere Jugendliche für die wissenschaftliche Arbeit im Klimabereich zu begeistern, beteiligte sich das DKRZ gemeinsam mit dem MPI-M bzw. KlimaCampus in beiden Jahren sowohl am *Girls'Day* als auch am *GreenDay*. 2012 nutzen 17 und im Folgejahr



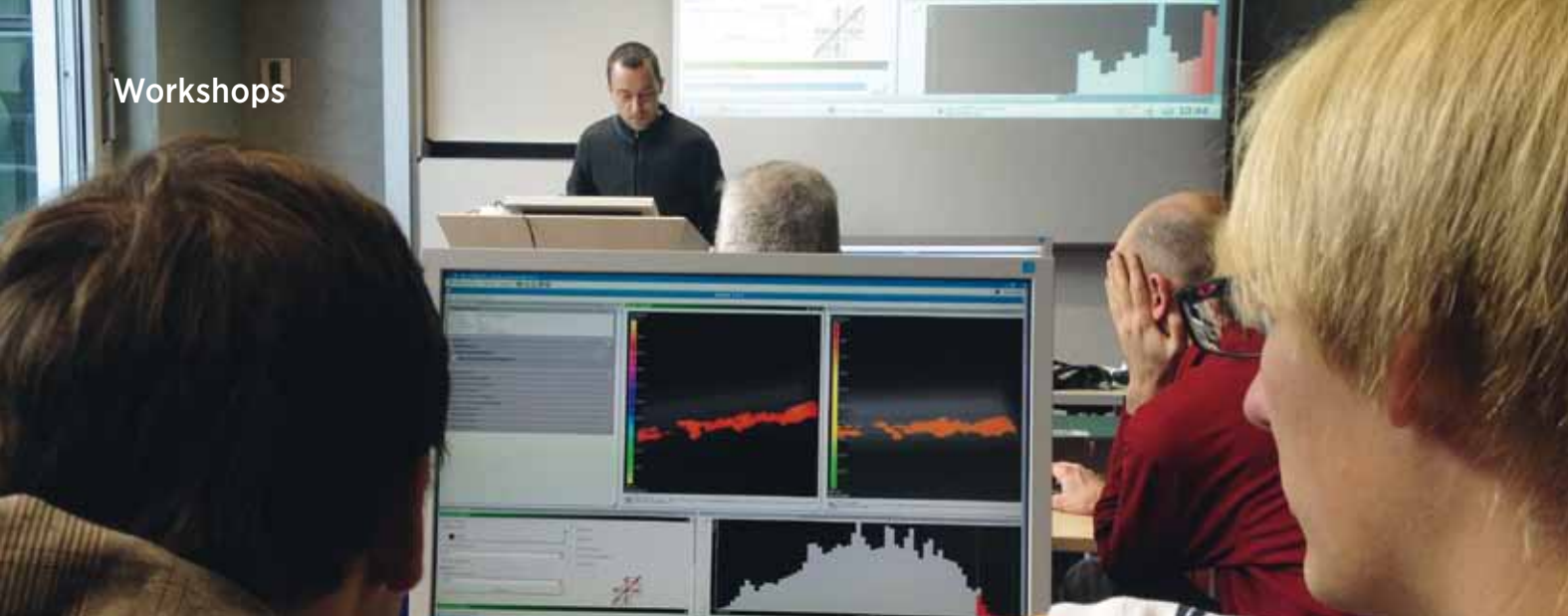
Abb. 3: DKRZ-Klimaglobus

sogar 32 Mädchen den *Girls'Day*, um einen Einblick in den Arbeitsalltag einer Klimaforscherin zu bekommen sowie dem Klimarechner einen Besuch abzustatten. Beim Berufsorientierungstag *GreenDay* schnupperten in beiden Jahren rund 40 Jugendliche in die Arbeit des DKRZ rein.

Dass DKRZ-Mitarbeiter jederzeit kompetente Ansprechpartner für Rundfunk, Fernsehen und Druckmedien sind, belegen die zahlreichen Veröffentlichungen, in denen Material vom DKRZ verwendet wird. Eine Übersicht dazu bietet der Pressespiegel.

Weblink:

Pressespiegel des DKRZ:
<http://www.dkrz.de/about/media/pressespiegel>



Nutzerschulungen: Hilfe zur effizienten Arbeit am DKRZ

Das DKRZ fokussiert seine Dienste rund um die Klimamodellierung. Im Hinblick auf die Optimierung von Klimamodellen sowie effektive Speicherung und Auswertung von Ergebnisdaten bietet das DKRZ Fachberatung und regelmäßige Schulungen an.

Hochleistungsrechnen

Im Sommer 2012 und 2013 lud das DKRZ zu je einem *Program Analysis and Tuning Workshop* ein, um Nutzer in der Leistungsanalyse mit Hilfe von Werkzeugen zur Performance-Messung paralleler Applikationen – wie HPC counter, SCALASCA, VAMPIR und score-P – zu schulen. Die Spezialisten vom DKRZ, Kollegen vom

Jülich Supercomputing Centre und der TU Dresden erarbeiteten gemeinsam mit je knapp 20 Teilnehmern Optimierungsansätze für deren Anwendungen. Im Februar 2013 organisierte das DKRZ gemeinsam mit IBM einen *Program Development with Eclipse Workshop*, um über die Entwicklung von komplexen parallelen Programmen für unterschiedliche Architekturen zu informieren. Nach diversen Vorträgen setzten die 25 Teilnehmer ihr erworbenes Wissen in die Praxis um.

Ein Workshop zu OpenACC and CUDA Fortran/C/C++ wurde vom DKRZ gemeinsam mit NVIDIA im März 2013 durchgeführt. Die 24 Teilnehmer diskutierten dabei, ob der Einsatz von GPUs (Graphics Processing Units) mit Fokus auf den Programmiermodellen OpenACC und

CUDA Fortran/C in der Klimamodellierung sinnvoll ist. Im Februar 2012 und Oktober 2013 besuchten je 30 internationale Teilnehmer Workshops zu *Scalable I/O in Climate Models*, welche im Rahmen des IS-ENES-Projektes die effektive Ein- und Ausgabe von Daten in der Klimamodellierung thematisierten.

Datenmanagement

Im Februar 2012 organisierte das DKRZ einen nationalen Workshop zur Nutzung der Hamburger CMIP5-Daten, die viele Wissenschaftler für eigene Forschungsprojekte benötigen. Weitere Workshops zu Datenthemen wurden innerhalb der vielfältigen Projekte im Bereich Datenmanagement durchgeführt.

Visualisierung

Das DKRZ bietet regelmäßig Schulungen an, um Anwender mit den auf dem Visualisierungcluster des DKRZ angebotenen fachspezifischen Softwarelösungen vertraut zu machen. Eine Begrenzung auf je 15-20 Teilnehmer ermöglicht dabei praktische Übungen. Ergänzend zu den Workshops erstellt das DKRZ Tutorials, die auf der DKRZ-Webseite veröffentlicht werden.

Im November 2012 und 2013 bot das DKRZ im Rahmen des KlimaCampus-Climate Visualization Laboratory je einen Workshop zur 3D-Visualisierung mit Avizo Green an. Im Dezember 2012 führten die DKRZ-Visualisierer gemeinsam mit der Firma SimVis einen Workshop zur Visualisierung mit SimVis durch – einer

Software, die besonders für die Analyse multivariater Daten geeignet ist.

2013 wurden die Schulungen ergänzt: Im November stellte das DKRZ gemeinsam mit Mary Haley vom NCAR, einer der Hauptentwicklerinnen von NCL, die interaktive 2D-Visualisierung von Klimadaten mit dieser Software vor. Im Dezember widmete sich ein weiterer Workshop der 3D-Visualisierung mit der Open Source-Lösung Paraview. Auf der internationalen European Geosciences Union wurden 2012 und 2013 ebenfalls mehrere Visualisierungs-Sessions unter Mitwirkung des DKRZ organisiert.



Abb. 1: Teilnehmer des Workshops „Dialekte der Klimaforschung am DKRZ“

Interdisziplinäre Workshops

Moderne Klimaforschung umfasst neben naturwissenschaftlichen mittlerweile auch wissenschaftstheoretische Aspekte. Diese Interdisziplinarität spiegelte der Workshop „Dialekte der Klimaforschung“ wider, der im März 2012 gemeinsam von Professor Ludwig und der Philosophin Gabriele Gramelsberger von der FU Berlin für mehr als 30 Teilnehmer organisiert wurde.



Ergebnisse

ScalES: Skalierbarkeit von Erdsystemmodellen



Die Leistung moderner Hochleistungsrechner basiert auf dem starken Zuwachs paralleler Ressourcen. Während bis vor wenigen Jahren die Leistung der Rechenwerke noch von Generation zu Generation stark anstieg, wird der Leistungszuwachs heute im Wesentlichen durch eine sehr hohe Zahl von Prozessorkernen und anderen Funktionseinheiten erzielt. In der Klimaforschung werden allerdings oft Modellkomponenten, die ursprünglich für Computer mit einem oder wenigen Prozessorkernen entwickelt wurden, zu komplexen Erdsystemmodellen verkoppelt. Diese können die aktuellen Hochleistungsrechner mit zigtausenden Prozessorkernen nicht effizient nutzen.

Im Rahmen des Projektes ScalES (*Scalable Earth System Models*) wurden Lösungen für typische Skalierungsprobleme von wissenschaftlichen Anwendungen auf Hochleistungsrechnern am Beispiel ausgewählter gekoppelter Erdsystemmodelle erarbeitet. In dem vom BMBF von 2009 bis Ende 2011 geförderten Projekt kooperierten unter der Koordination des DKRZ Wissenschaftler des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung, der IBM Deutschland, des Max-Planck-Instituts für Chemie, des Max-Planck-Instituts für Meteorologie und des Karlsruher Instituts für Technologie.

Aufgrund des großen Entwicklungsaufwandes und der hohen Komplexität werden Klimamodelle über einen

Zeitraum entwickelt und eingesetzt, der oft mehrere Rechnergenerationen umfasst. Dadurch ist eine ständige Anpassung an die Architektur der jeweils aktuellen Systeme notwendig. Bei steigender Parallelität muss insbesondere die Kommunikation innerhalb des Modells und die Ein- und Ausgabe von Daten optimiert werden.

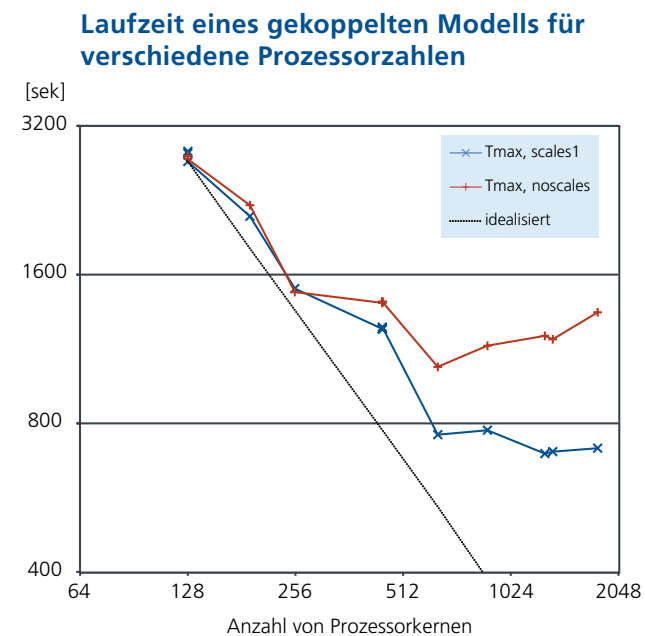
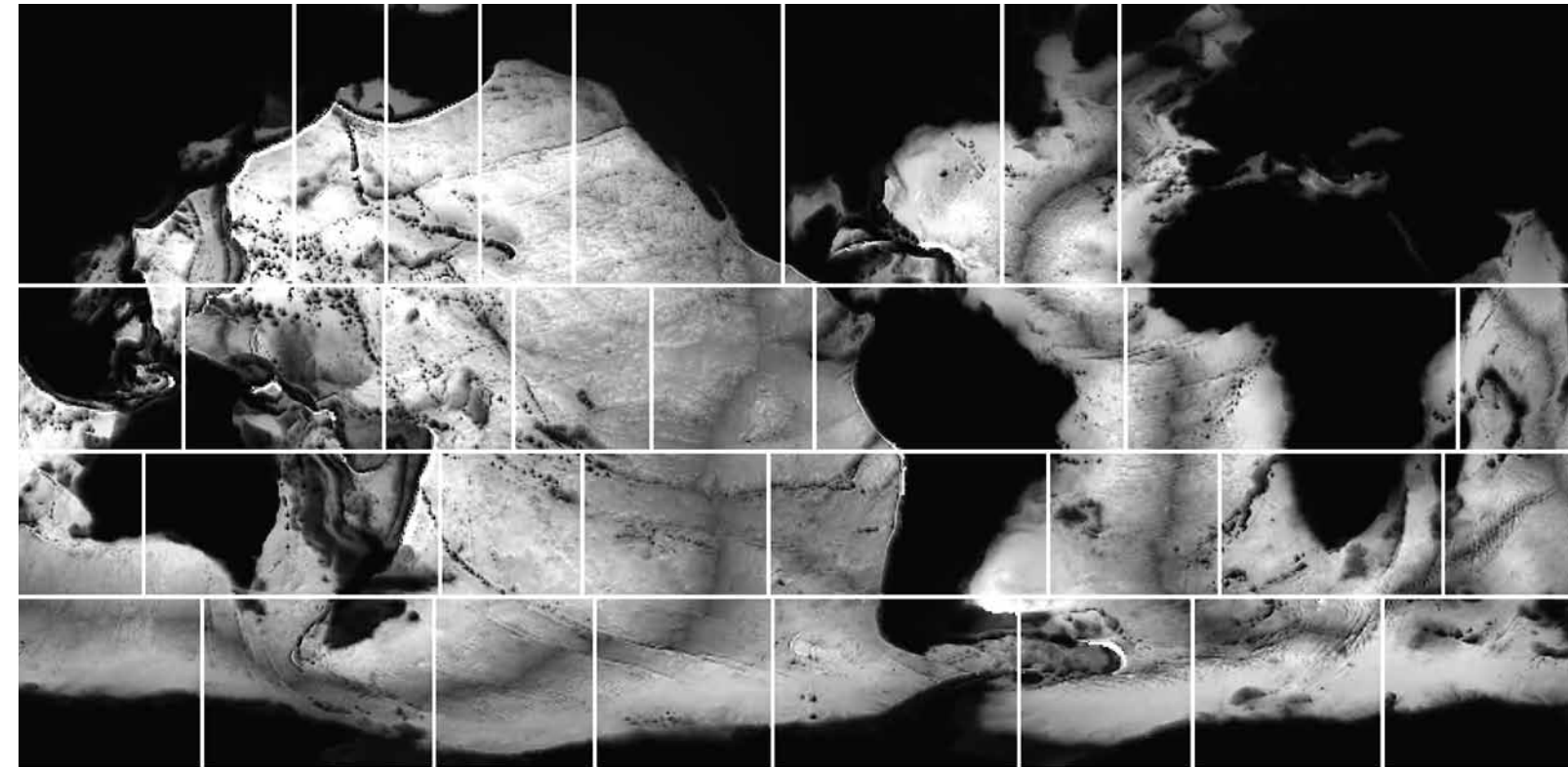


Abb. 1 zeigt ein Beispiel einer niedrig aufgelösten gekoppelten Simulation mit ECHAM/MPI-OM, bei der die Kommunikation bereits mit ScalES-Methoden umgesetzt wurde, so dass der bestmögliche Lauf um 27% beschleunigt wurde (blaue Linie).

Abb. 2 zeigt eine lastbalierte Domänendekomposition, die aus der gemessenen Rechenlast berechnet wurde. Jedes Teilgebiet wird von einem Prozess bearbeitet. Die Kommunikation übernahm die prototypisch entwickelte Kommunikationsbibliothek UniTrans, die das Gesamtbild der Dekomposition auswertet und den Programmieraufwand vereinfacht. Zusätzlich wurden mehrere unabhängige Kommunikationsschritte vereint, da große Datenmengen oft effizienter gebündelt in einem Schritt statt in mehreren kleineren Schritten ausgetauscht werden können.



Damit der Programmieraufwand dabei nicht die wissenschaftliche Fragestellung verdrängt, wurden flexibel einsetzbare Softwarebibliotheken entwickelt: parallele *Ein-/Ausgabe* (E/A), Partitionierungs- und Parallelisierungsmodul (ScalES-Lib) und effiziente globale Kommunikation (UniTrans).

Weblink:
<http://www.dkrz.de/Klimaforschung-en/dkrz-und-klimaforschung/infraproj/scales>

http://www.mpg.de/4776190/Skalierbarkeit_Erdsystemmodelle

Ein wichtiges Entwicklungsziel war neben der Leistungssteigerung die Allgemeingültigkeit, so dass die Ergebnisse auch für andere Disziplinen wie die Struktur- oder Strömungsmechanik genutzt werden können.



Publikation von Umweltdaten

Ein System für die Zukunft

Wann kommt das nächste Gewitter? Herrschen bei uns in 50 Jahren tropische Temperaturen? Wie warm war es in der letzten Eiszeit? Meteorologen und Klimaforscher suchen Antworten auf diese Fragen. Ihre Aussagen basieren auf Messdaten und Ergebnissen von Simulationen – Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und vielem mehr. Allerdings fehlte den Forschern ein Standard, mit dem sie die wertvollen Daten publizieren und langfristig sichern können.

Hier setzte das gemeinsame Forschungsprojekt der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, der Universität Bonn und des DKRZ an. In diesem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekt zur Langzeitarchivierung von Wetter- und Klimadaten wurde das automatische Workflow-System Atarrabi für die systematische Erfassung, Prüfung und Publikation von Wetter- und

Klimadaten nach festen Qualitätsstandards und Regeln entwickelt. Wissenschaftler können so Daten leichter finden, zuordnen und sich auf die Qualität verlassen.

Das Problem: Sind Wetterdaten nur auf der Webseite eines Forschungsinstituts publiziert, würde ein Meteorologe sie vielleicht nie entdecken. Die Lösung: In einer standardisierten Datenbank lassen sich leicht frühere Messungen recherchieren.

So können Forscher auf Vorarbeiten zurückgreifen und die eigenen Daten mit anderen Beobachtungsdaten vergleichen und auswerten. Nach Abschluss des Projekts steht das neue Workflow-System Atarrabi der internationalen Wissenschaft als *Open-Source-Software* zur freien Verfügung.



Vom Regen in die Datenbank

Ein Anwendungsbeispiel: Meteorologen der Universität Bonn messen Niederschlag, Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit in der Region „Nördlicher Schwarzwald“. Als erstes werden die Daten für die Langzeitarchivierung aufbereitet. Die Forscher ergänzen dazu wichtige Informationen wie Messmethode oder Ort der Messung. Wurde alles richtig eingegeben? Bevor die Daten endgültig auf den Servern des *World Data Center for Climate* (WDCC) am DKRZ gesichert werden, durchlaufen sie eine mehrstufige Qualitätsprüfung. Die geprüften Daten erhalten am DKRZ einen einmaligen Identifikator. Nun sind die Daten gespeichert, publiziert und stehen der Wissenschaft dauerhaft zur Verfügung.

Weblink:
<http://cera-www.dkrz.de/atarrabi2/>

Der virtuelle Wetterspeicher

Dieses Standardverfahren trägt dazu bei, aufwändig gemessene oder berechnete Daten nachhaltiger nutzbar zu machen und erlaubt dadurch beispielsweise, Wetterveränderungen besser zu erkennen oder Klimamodelle zu überprüfen und zu verbessern. Mit dem web-basierten Portal der Klimadatenbank CERA des DKRZ erhalten Wissenschaftler weltweit Zugang zu einem Archiv, in dem sie komfortabel Daten speichern oder finden und herunterladen können. Das System garantiert eine hohe Qualität der Daten und sichert ihre langfristige Nutzung für die Forschung von morgen.





WissGrid: Ein Netzwerk für die Wissenschaft

Seit 2005 unterstützt die bundesweite D-Grid-Initiative die Entwicklung und den Aufbau virtueller Forschungsnetzwerke auf Basis leistungsfähiger IT-Ressourcen und darauf aufbauender Dienste. Im vom BMBF für zwei Jahre geförderten Teilprojekt WissGrid wurden dabei die Erfahrungen beim Aufbau solcher institutions- und disziplinübergreifenden digitalen Netzwerke aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen gebündelt. Unter Leitung der Universität Göttingen und mit fünfzehn weiteren Partnern, darunter das DKRZ, wurden Forschungsgruppen bei der Nutzung von Grid-Technologien unterstützt.

Gemeinsam mit dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung bot das DKRZ ausführliche, persönliche Beratungen für Institute der



Klimafolgenforschung an und erleichterte so beispielsweise dem Climate Service Center den Einstieg in das C3Grid, einen virtuellen Klimadatenverbund.

Ebenfalls im Rahmen von WissGrid entwarf das DKRZ mit anderen Partnern Konzepte für die Langzeitarchivierung und gemeinsame Nutzung von wissenschaftlichen Daten. Der als Buch erschienene „Leitfaden zum Forschungsdaten-Management“ beschreibt den gesamten Datenlebenszyklus (Abb. 1, links) und damit verbundene Aspekte (Abb. 1, rechts). Die gemeinsam mit dem Leitfaden entwickelte Checkliste erleichtert es beispielsweise im Aufbau befindlichen Forschungsdatenarchiven, ihre Ziele zu formulieren und mögliche Probleme schon im Vorfeld zu erkennen.

Weblink: <http://www.wissgrid.de>

Publikation:

Leitfaden zum Forschungsdaten-Management: Handreichungen aus dem WissGrid-Projekt
Jens Ludwig und Harry Enke
[ISBN 978-3-86488-032-2]

Ein dritter Aspekt, an dem das DKRZ mitgewirkt hat, zielt auf die praktische Nutzbarkeit der Daten, die über Grid-Ressourcen verfügbar gemacht werden. Nicht jeder Anwender ist mit dem in der Klimaforschung vielfach verwendeten NetCDF-Datenformat vertraut oder verfügt über die passenden Software-Werkzeuge. Das im Rahmen des Projektes entwickelte *Python-Script* NetCDF2ASCII wandelt NetCDF-Daten in Textformat um, welches z.B. mit Microsoft Excel weiterbearbeitet werden kann. Für jede Variable wird eine ASCII CSV-Datei geschrieben, und alle erzeugten Dateien werden zusammen als Zip-Datei komprimiert. Diese neue

Formatkonvertierung ist als Prototyp im C3Grid implementiert. Eine zweite Formatkonvertierung wurde für die Photonenphysik entwickelt.

In WissGrid-Workshops vermittelten die Verbundpartner die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse über kollaborative Forschungsumgebungen an wissenschaftliche Nutzer. Das DKRZ beteiligte sich daran mit einigen Vorträgen; die Rückmeldungen waren durchweg positiv.

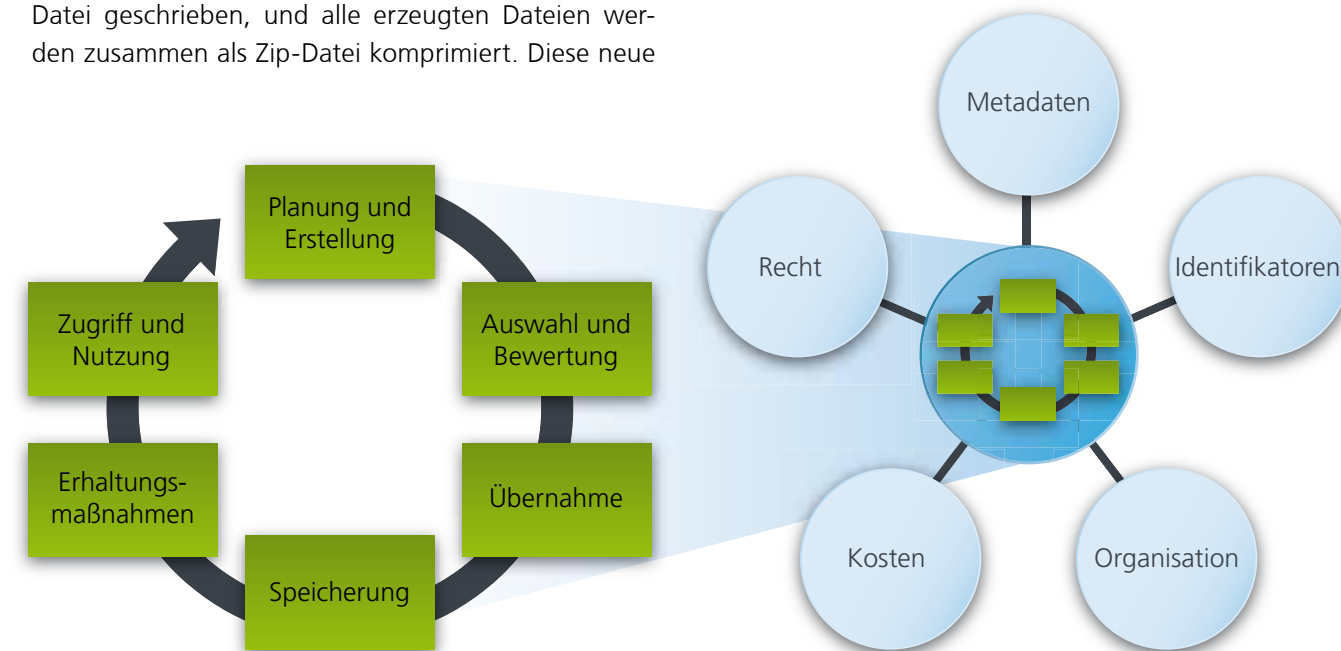


Abb. 1. Aspekte des Forschungsdatenmanagements (rechts) und Datenlebenszyklus (links)

C3-INAD



Eine nationale Infrastruktur zum Zugriff auf und zur Verarbeitung von Klimadaten

Ein vereinfachter Zugang zu Klimadaten und deren Analyse stehen im Fokus des vom BMBF bis Ende 2014 geförderten nationalen Projektes „C3Grid – INAD: Towards an Infrastructure for General Access to Climate Data“, an dem neben dem DKRZ auch das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, die Universitäten Köln und Dortmund sowie das Zuse Institut Berlin beteiligt sind.

In Abbildung 1 ist die finale C3-INAD-Infrastruktur (C3-Grid) skizziert: Über ein zentrales Portal sind Datenarchive sowie Datenanalysefunktionalitäten (*workflows*) für Endnutzer zugreifbar. Abbildung 2 illustriert exemplarisch das Ergebnis eines derartigen *Workflows* (*stormtrack*), der basierend auf selektierten Ausgangsdaten die Regionen maximaler Sturmaktivität analysiert. Der Nutzer kann über das Portal Daten auswählen, bearbeiten und sich das Resultat anzeigen lassen, ohne die Notwendigkeit, lokal entsprechende Soft- und Hardware vorzuhalten und ohne die Daten selbst lokal zu speichern.

Das DKRZ ist der größte Datenanbieter innerhalb von C3-INAD und bietet neben Daten, die im Langzeitarchiv *World Data Center for Climate* (WDCC) gespeichert sind, auch die CMIP5-Daten an, die auf den Daten- servern des Erdsystem-Grid-Verbundes (*Earth System Grid Federation*, ESGF) am DKRZ vorgehalten werden.

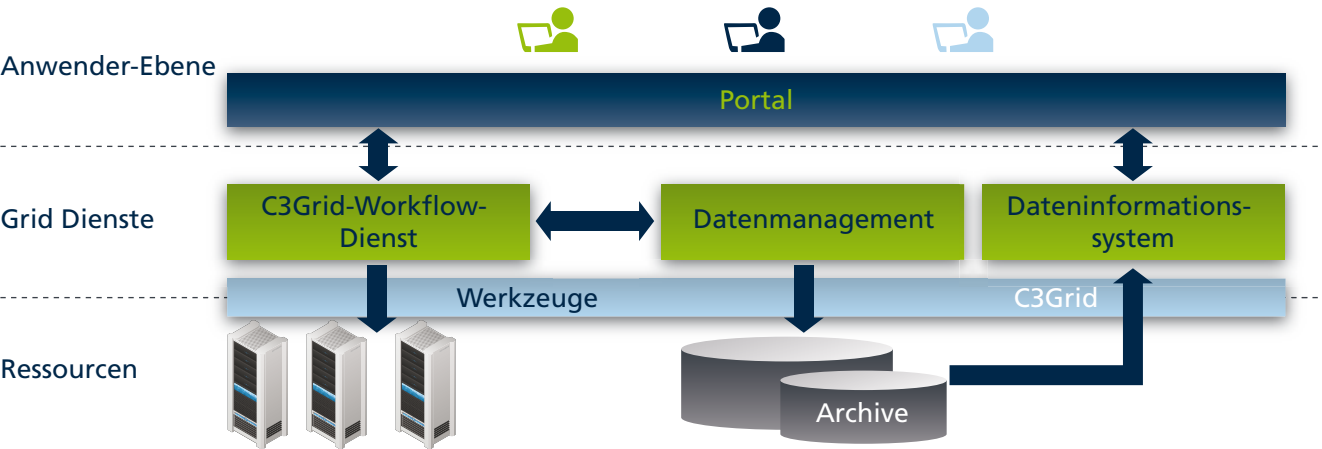


Abb. 1: Die C3-INAD-Infrastruktur

Das DKRZ agiert somit auch als Brücke zwischen der nationalen C3-INAD-Infrastruktur und der weltweiten ESGF- und europäischen IS-ENES-Dateninfrastruktur. Gegenwärtig sind ca. 1 Petabyte CMIP5-Daten auf den ESGF-Servern am DKRZ zugreifbar und in C3-INAD nutzbar, sowie etwa 200 Terabyte Daten, die im WDCC langzeitarchiviert sind.

Das DKRZ betreibt zudem das C3-INAD-Portal zur Nutzerunterstützung sowie das zugrunde liegende Werkzeug zur Verwaltung von Nutzeranfragen (das *C3-INAD support ticketing system*). Das Support-Portal wurde in das auch am DKRZ betriebene IS-ENES-Portal integriert, um so Synergien zwischen nationalen und europäischen Nutzerunterstützungsaktivitäten am DKRZ zu schaffen. Innerhalb des europäischen IS-ENES Projektes werden die Aktivitäten zur europäischen ESGF-Dateninfrastruktur koordiniert.

Die nachhaltige Etablierung einer auf viele Institutionen verteilten Infrastruktur wie C3-INAD stellt eine große Herausforderung dar. Das DKRZ arbeitet daher daran, die C3-INAD-Entwicklungen interoperabel zu den europäischen Entwicklungen innerhalb von IS-ENES sowie den internationalen Initiativen ESGF und ExArch zu gestalten, in die das DKRZ ebenfalls eingebunden ist.

Weblink:
<https://verc.enes.org/c3web/about-c3grid/c3-inad>

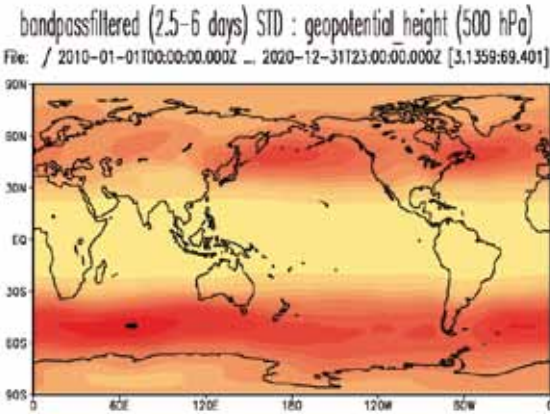


Abb. 2: Das Diagnosewerkzeug *stormtrack* des C3Grid markiert Regionen mit hoher Sturmaktivität. Diese sind in rot dargestellt.

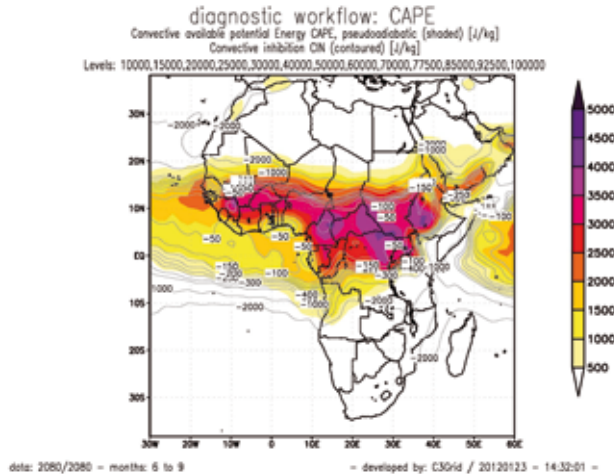
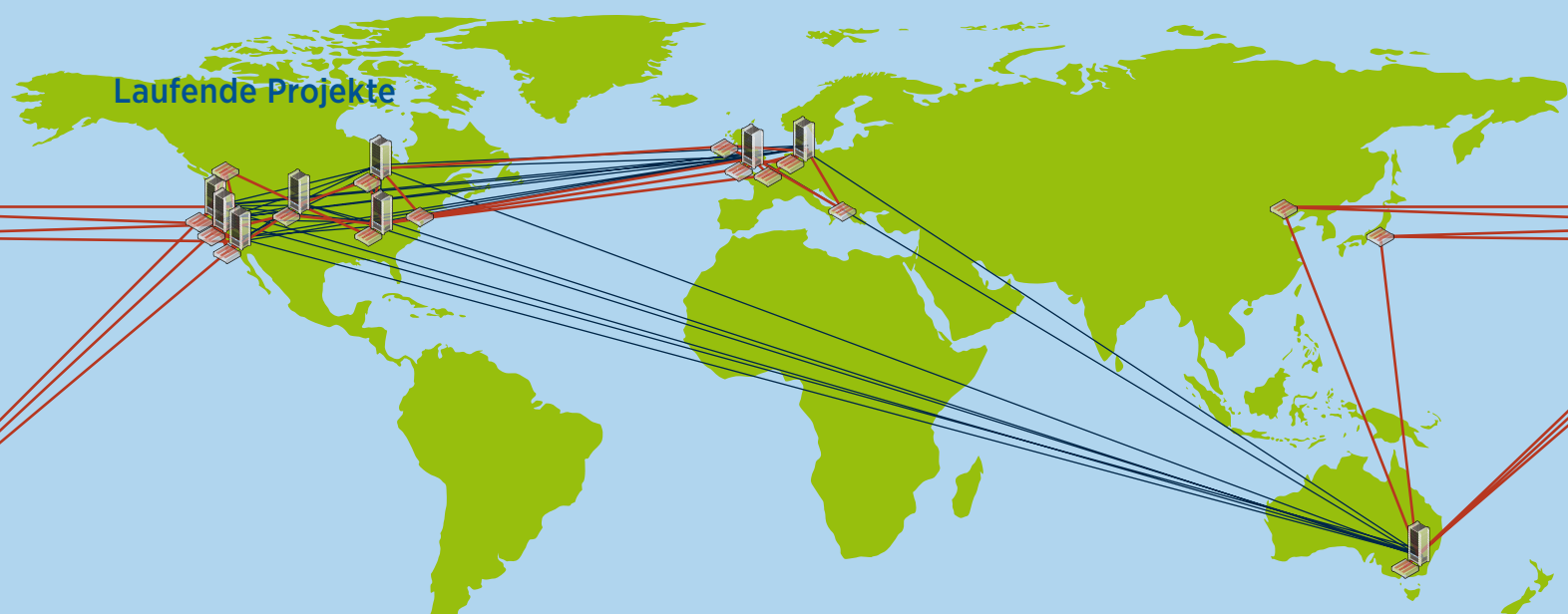


Abb. 3: CAPE: CAPE (Schattierung) und CIN (Konturen) von MPI-ECHAM5/MPI-OM-Simulation mit 1% CO₂-Anstieg pro Jahr für Juni-September 2080, 1000-100hPa. Hohe CAPE-Werte liegen wie zu erwarten im Bereich der ITCZ, wo hochreichende Konvektion stattfindet. Die hohen CIN-Werte über der Sahara hingegen unterdrücken Konvektion.



Laufende Projekte



ExArch: Verteilte Datenarchive und Klimaanalyse

Der exponentielle Leistungszuwachs neuer Rechnergenerationen lässt auch die produzierte Datenmenge rasant ansteigen. Klimadaten-Archive liegen heute bereits im Multi-Petabyte-Bereich, woraus sich neue Anforderungen hinsichtlich der Speicherung und Handhabung der Daten ergeben. So werden Daten zunehmend weltweit über mehrere Rechenzentren und Datenarchive verteilt gespeichert, während sie im Datenkatalog und –portal als Teil eines einzigen homogenen Archives erscheinen. Zukünftig erwarten Wissenschaftler, dass die Datenmenge von großen Klimasimulationen, wie etwa die der weltweiten Berechnungen für die Weltklimaberichte, die 1 Trillionen Byte-Marke, das sind eine Million Terabyte, überschreiten. Das im Rahmen einer G8-Initiative geförderte Projekt ExArch (*Exascale Data Archives: Climate analytics on*

distributed exascale data archives) untersucht skalierbare Datenverwaltungs-Infrastrukturen – welche notwendig sind, um die zukünftigen verteilten Klimadatenbestände handhaben zu können. Projektpartner sind neben dem DKRZ Institutionen aus England (BADC), Frankreich (IPSL), Italien (CMCC), Kanada (Universität Toronto) und den USA (Princeton und UCLA).

Die Erfahrungen, die im Rahmen des internationalen *Climate Model Intercomparison Project 5* (CMIP5) und der weltweiten Dateninfrastruktur des Erdsystem-Grid-Verbunds (*Earth System Grid Federation, ESGF*) gewonnen wurden, bilden den Ausgangspunkt für ExArch. Für CMIP5 wurde bereits ein Archiv von 10 Petabyte Ergebnisdaten eingerichtet, welche weltweit auf etwa dreißig Rechenzentren und Datenarchive verteilt

Laufende Projekte



Abb. 1: Arbeitspakete des ExArch-Projektes

gespeichert sind.

Das Projekt ExArch fokussiert auf drei Arbeitspakete mit verschiedenen Unterthemen: Strategie, Klimawissenschaft und Informatik (Abb. 1).

Für zukünftige verteilte Klimadatenarchive im Exabyte-Bereich wird angestrebt, auch eine skalierbare Datenanalyse zu ermöglichen. Hierzu ist es unabdingbar, auch Datenbearbeitungsfunktionalität – also Rechenleistung – bei den Datenarchiven zur Verfügung zu stellen.

DKRZ-Mitarbeiter entwickelten ein auf einem internationalen Standard für geowissenschaftliche Web-Anwendungen (*Web Processing Service, WPS*, des *Open Geospatial Consortium, OGC*) basierendes Werkzeug, um die Datenbearbeitungsfunktionalität einheitlich über Web-Schnittstellen ansprechen zu können. Das Werkzeug wurde auf Basis des *Pyramid-Web-Frameworks* implementiert und bietet sowohl eine graphische Schnittstelle als auch Programmierschnittstellen (APIs). Diese Entwicklungen wurden in einem Vortrag auf der europäischen Konferenz *European Geosciences Union* im Mai 2013 vorgestellt und diskutiert.

Ebenfalls im Rahmen von ExArch arbeitet das DKRZ an skalierbaren Ansätzen zur Qualitätsüberprüfung von Klimadaten in zukünftigen Exascale-Datenarchiven. Ausgangspunkt sind auch hier die Erfahrungen, die am DKRZ bei der Qualitätsanalyse des etwa 1,2 Petabyte umfassenden CMIP5-Datenarchives gesammelt wurden.

Weblink:
<http://proj.badc.rl.ac.uk/exarch>

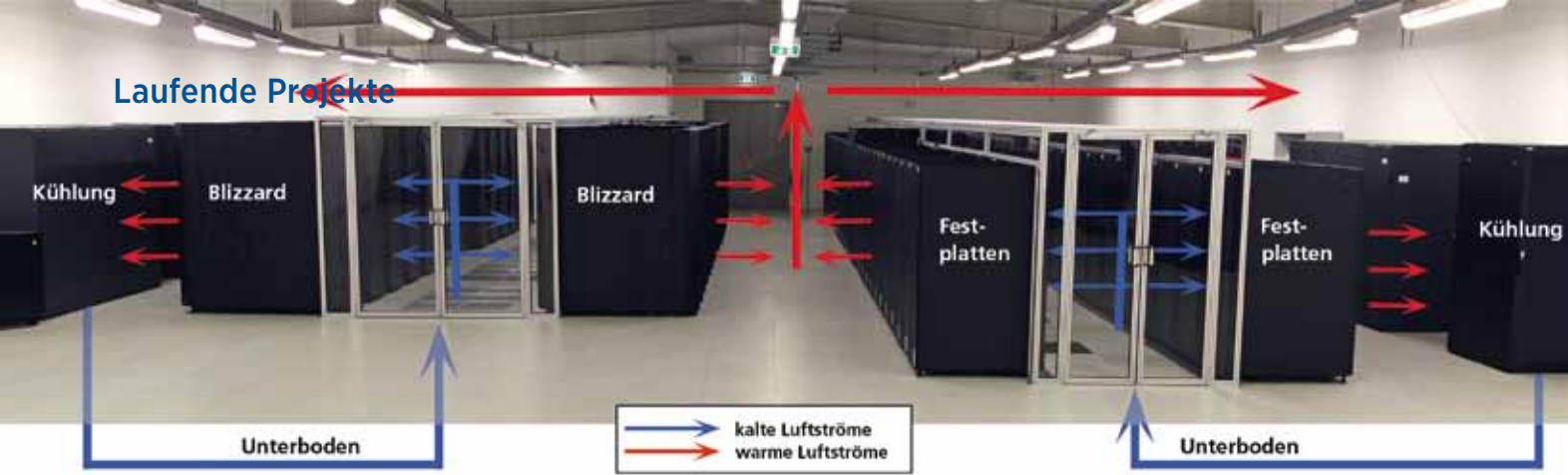


Abb. 1: Einhausung des Hochleistungsrechners Blizzard

Steigerung der Energieeffizienz am DKRZ

Das DKRZ optimiert seit 2011 systematisch seine Energieeffizienz, nicht zuletzt, weil die stark gestiegenen Stromkosten in den letzten Jahren ein wesentlicher Kostenfaktor für den Betrieb des Hochleistungsrechners geworden sind.

Das DKRZ betreibt den Supercomputer Blizzard, auf dem deutsche und internationale Klimaforscher die Berechnungen ihrer Klimamodelle durchführen. Der IBM Power6 Cluster hat zusammen mit den Festplattensystemen eine Leistungsaufnahme von etwa 1,3 MW. Hinzu kommt der Verbrauch der Infrastruktur, die für den Betrieb notwendig ist. Kältemaschinen mit einer durchschnittlichen Leistungsaufnahme von etwa 280 kW versorgen den Rechner und die Klimatechnik in den Räumen mit dem notwendigen Kaltwasser. In den Wintermonaten wird das Kaltwasser bei Außentemperaturen unter 4°C in freier Kühlung ohne Einsatz der Kältemaschinen abgekühlt.

In den Jahren 2011 und 2012 wurde eine Reihe von Maßnahmen durchgeführt, um die Energieeffizienz am DKRZ zu steigern. Diese Maßnahmen wurden mit 100.000 Euro durch das Klimaschutzkonzept der Stadt Hamburg 2009-2012 gefördert, welches sich zum Ziel gesetzt hat, die CO₂-Emissionen bis 2012 um 20% gegenüber 1990 zu reduzieren.

Maßnahmen

Im ersten Schritt wurden dazu Kaltgangeinhausungen für die bislang offen stehenden Rackreihen in den Rechenräumen installiert. Durch die Einhausungen wurde eine bauliche Trennung zwischen der Kalt- und der Warmluft geschaffen. Kalte Luft wird von den Klimaschränken unterhalb des Doppelbodens durch die Lochplatten in den Kaltgang transportiert. Dort wird die kalte Luft von den Ventilatoren in den Rechnern angesaugt und auf der Rückseite wieder in den freien Raum geblasen (Abb. 1).

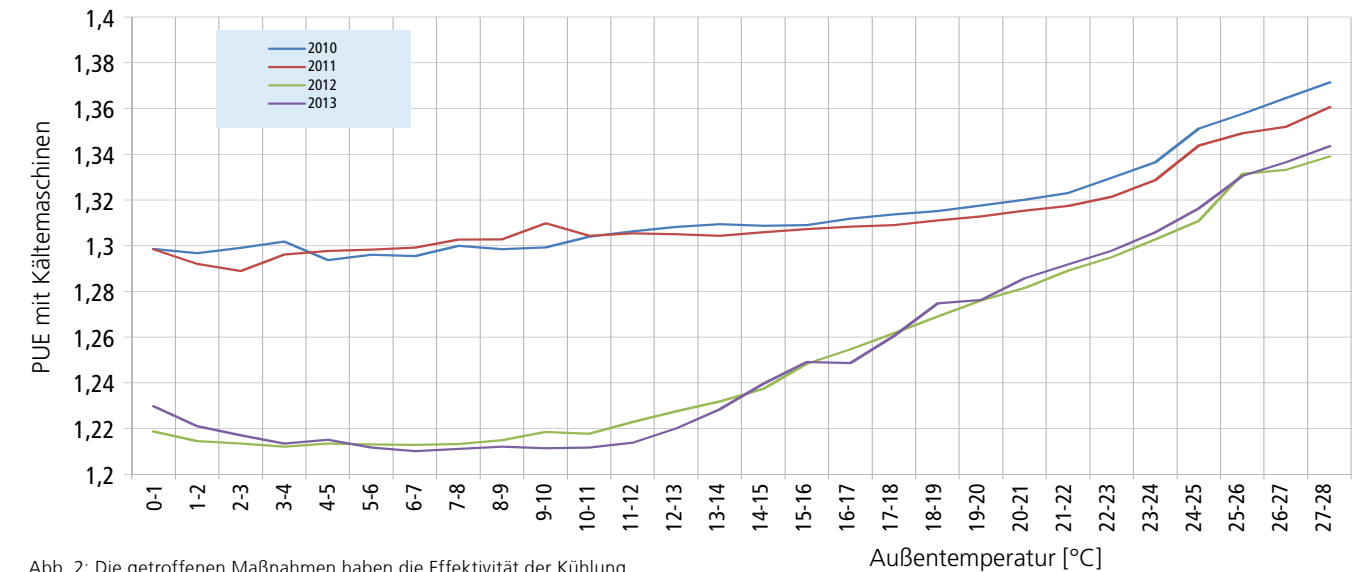


Abb. 2: Die getroffenen Maßnahmen haben die Effektivität der Kühlung des Rechenzentrums deutlich verbessert – sichtbar an den niedrigeren PUE-Werten für 2012 und 2013.

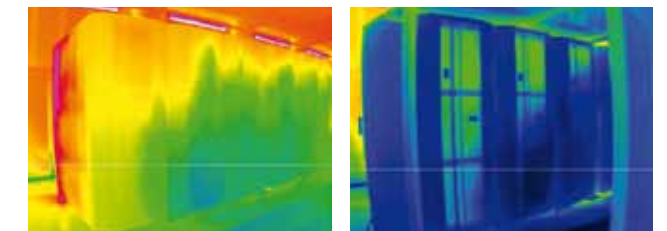
Im zweiten Schritt wurden die Kühl- und Kaltwasserkreisläufe mit den Kältemaschinen optimiert. Eine große Einsparung konnte dadurch erzielt werden, dass die Vorlauftemperatur der Kältemaschine verringert wurde. Alleine dadurch verringert sich der Stromverbrauch der Kältemaschinen in den kalten Monaten um etwa ein Drittel. Durch Verringerung der Pumpleistung in den Kältekreisläufen wurde der Stromverbrauch gesenkt und die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauftemperatur erhöht, was die Effizienz der Kältemaschine zusätzlich erhöht.

Einsparungen

Die Höhe der Einsparung hängt in großem Umfang vom Verlauf der Außentemperatur ab, der in den

einzelnen Jahren sehr unterschiedlich ist. Aufgrund dieser Tatsache ist ein direkter Vergleich des Stromverbrauchs vor und nach Durchführung der Maßnahmen nicht möglich.

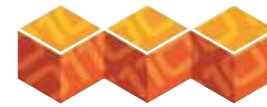
Um die Einsparung dennoch abschätzen zu können, bietet es sich an, den PUE (*Power Usage Effectiveness*) des Rechenzentrums vor und nach der Durchführung der Maßnahmen zu betrachten. Der PUE bestimmt sich als Quotient der gesamten Stromaufnahme des Rechenzentrums (also Rechner zuzüglich Kühlung) geteilt durch die Stromaufnahme aller Rechner. Je niedriger der PUE ist, umso effizienter ist die Kühlung.



Weblink:
http://www.mpg.de/6831723/JB_2013



EUDAT: Europas gemeinsame Datendienste



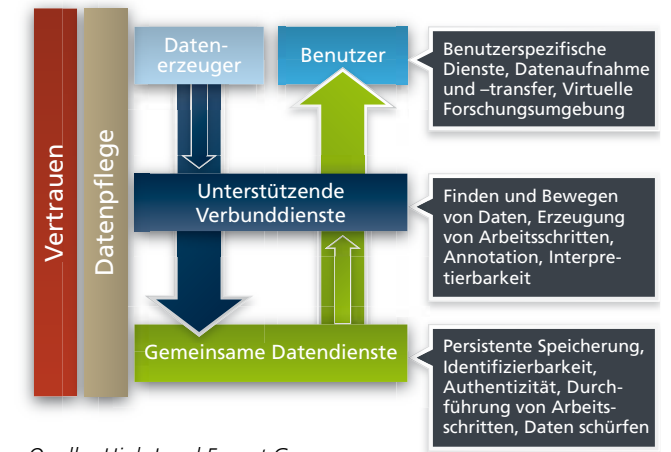
Zunächst 25 Partner aus 13 Ländern – darunter das DKRZ – starteten im Oktober 2011 im Rahmen des europäischen Schwerpunktprogramms FP7 das dreijährige Projekt EUDAT (*European Data Infrastructure*). Ziel ist es, eine gemeinsame Dateninfrastruktur (*Collaborative Data Infrastructure*, CDI) für Forschungsdaten zu entwickeln und zu betreiben, die nachhaltig die künftigen Bedürfnisse der europäischen Forschungsgemeinschaft erfüllt. In den nächsten Jahren stehen die Forscher disziplinübergreifend vor der Aufgabe, ein massives Datenwachstum zu bewältigen. Dies betrifft zunächst die reine zu bearbeitende Datenmenge, den sogenannten „Daten-Tsunami“. Eine weitere Herausforderung liegt in der Komplexität der Daten und der Systeme, die uns den Zugang zu den Daten erlauben. Die wichtigsten Ziele von EUDAT sind daher:

- Aufbau einer europäischen Dateninfrastruktur durch Kombination von Technologien, Werkzeugen und Dienstleistungen.
- Flexible Einbindung von einzelnen Forschern, Universitäten und Forschungseinrichtungen.
- Basisdienste – insbesondere für den breitgefächerten Datenzugriff sowie die Langzeitarchivierung – bereitzustellen, welche die Interoperabilität gewährleistet.
- Sicherstellung einer hinreichend robusten Dateninfrastruktur, die mit der erwarteten Zunahme mit der erwarteten Zunahme des Umfangs und der Komplexität der Daten Schritt hält.

Die Mitglieder des EUDAT-Konsortiums stammen aus jeder Stufe des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses: Vertreter aus der Wissenschaft, von Rechenzentren, von Technologieanbietern und der Gesellschaft.

Im Projekt sind initial fünf wissenschaftliche Forschungsverbünde vertreten: EPOS (*European Earth Observatory*), VPH (*Virtual Physiological Human*), Life Watch (Biodiversität und Ökosystem), CLARIN (*Common Language Resources and Technology Infrastructure*) und ENES (*European Network for Earth System Modelling*). Für ENES bringen neben dem DKRZ das Max-Planck-Institut für Meteorologie und CERFACS die domänenspezifischen Erfordernisse und Kompetenzen in das Projekt ein. Das DKRZ ist zudem maßgeblich an der Entwicklung des Metadaten-servises beteiligt.

Weblink:
<http://www.eudat.eu/>



Quelle: High Level Expert Group on Scientific Data, *Riding the wave*, 2010

Abb 1: Die gemeinsame Dateninfrastruktur: Ein Konzept für die Zukunft.

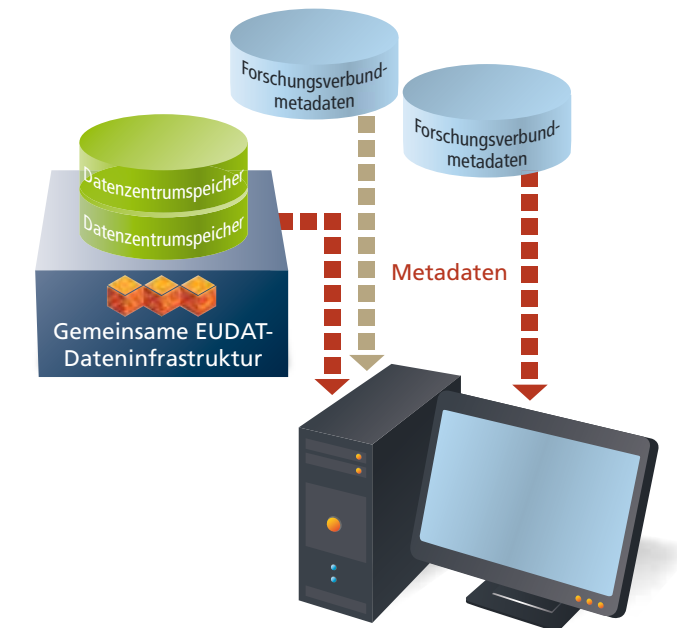


Abb. 2: Der EUDAT-Metadaten-speicher enthält die gesammelten Metadaten der EUDAT-Partner.



IS-ENES und IS-ENES2: Infrastruktur für die europäische Erdsystemforschung



Das Infrastrukturprojekt IS-ENES des *European Network for Earth System Modeling* (ENES) bündelt Expertise in Klimamodellierung, Hochleistungsrechnen und Datenmanagement mit dem Ziel der Steuerung der Entwicklung und Pflege gemeinsamer Software-Komponenten sowie der koordinierten Verteilung von Daten.

Im Rahmen von IS-ENES wurde ein internetbasiertes Portal aufgebaut, das Informationen und Zugangswege

zu den europäischen Erdsystem-Modellen (ESMs) und Datenumgebungen zusammenfasst. Mit dieser elektronischen Infrastruktur wird die europäische Klimaforschungsgemeinschaft weiter vernetzt und damit besser in die Lage versetzt, gemeinsame Strategien und Projekte zu entwickeln. So solle die Fortentwicklung der ESMs erleichtert und die Durchführung und Auswertung komplexer und rechenintensiver Erdsystemsimulationen unterstützt werden. Schließlich unterstützt IS-ENES die Weitergabe und Verteilung der berechneten

Ergebnisse und festigt damit die Zusammenarbeit mit Nachutzern der Daten, wie etwa Forschungsgruppen aus dem Bereich der Klimafolgenforschung. IS-ENES trägt damit maßgeblich zur hohen Sichtbarkeit der europäischen Aktivitäten in den Weltklimastatusberichten, den IPCC-Reports bei, welche wichtige Grundlagen für politische Emissionsminderungs- und Anpassungsmaßnahmen liefern.

Auch im Bereich der Entwicklung eigener Computerprogramme ist IS-ENES aktiv: Hierzu zählen E/A-Bibliotheken (Ein-/Ausgabe), Module zur Kopplung von Modellkomponenten und Programme zur Datenaufbereitung, -auswertung und -visualisierung. Besonders wichtig sind auch Methoden und Werkzeuge für die Katalogisierung, den effizienten Zugriff, und transkontinentalen Transport der Simulationsdaten.

Seit Ende 2012 läuft die zweite Phase: Mit IS-ENES2 soll eine nachhaltige europäische Dateninfrastruktur basierend auf der weltweiten *Earth System Grid Federation* (ESGF) etabliert werden und die gemeinsame Entwicklung und Nutzung der Modellierungsinfrastruktur gefestigt werden. Das DKRZ fokussiert seine IS-ENES-Aktivitäten auf den Bereich der Nutzerunterstützung, wie etwa die Erfassung und Kategorisierung von Anfragen zur Datennutzung, die Pflege des am DKRZ betriebenen ENES-Portals und die Analyse von Klimamodellen im Hinblick auf zukünftige Rechnerarchitekturen.

Weblink:
<http://www.enes.org>



Neue Projekte

Neue Projekte

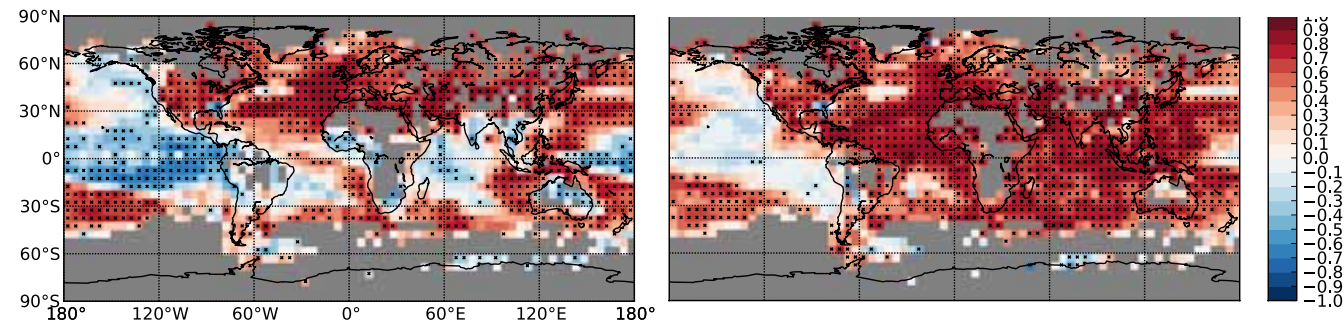


Abb. 1: Um die Qualität des MiKlip-Vorhersagesystems zu beurteilen, werden retrospektive Vorhersagen durchgeführt und mit Beobachtungen verglichen. In der Abbildung wird die Korrelation zwischen der gemittelten Oberflächentemperatur der Vorhersage für die Jahre 2 bis 5 und Beobachtungen gezeigt (blau: keine Vorhersagequalität vorhanden, rot: Vorhersagequalität vorhanden, je dunkler desto besser). Das erste MiKlip System (links) zeigte schlechte Vorhersagequalität in den Tropen, diese konnte im zweiten System (rechts) deutlich verbessert werden.

MiKlip: Ein Großprojekt rechnet beim DKRZ



Die Entwicklung und Etablierung eines Modellsystems für Klimaprognosen im Bereich von Jahren bis hin zu Dekaden stehen im Fokus des BMBF-Projektes „Mittelfristige Klimaprognosen“, kurz MiKlip. Der Bedarf an verlässlichen Aussagen zur mittelfristigen Klimaentwicklung wächst ständig, da vor allem die Wirtschaft, aber auch Politik und Gesellschaft in diesen Zeiträumen planen. Aufbauend auf den CMIP5-Rechnungen wird gegenwärtig das sogenannte „Zentrale Vorhersagesystem“ für MiKlip weiterentwickelt.

An MiKlip beteiligen sich 23 deutsche Institute mit 35 Einzelprojekten, welche auf dem Hochleistungsrechner am DKRZ globale oder regionale Klimasimulationen durchführen, um den Einfluss verschiedener Prozesse und Regionen auf die Vorhersagbarkeit zu untersuchen. Das „Zentrale Vorhersagesystem“

beansprucht die meiste Rechenzeit: Für einen kompletten Ensemble-Satz werden zurzeit über 5000 Modelljahre simuliert.

Auch die Weiterverteilung der daraus resultierenden großen Datenmengen und die Evaluation des Systems erfolgt am DKRZ, allerdings auf einem MiKlip-eigenen Server, der im Rechnerraum aufgestellt ist und vom DKRZ administriert wird. Das DKRZ ist also zentraler technischer Knotenpunkt des gesamten Projektes.

Weblink:
<http://www.fona-miklip.de>

Publikation:
Bilder aus Pohlmann et al., 2013: Pohlmann, H., W. A. Müller, K. Kulkarni, M. Kameswarrao, D. Matei, F. S. E. Vamborg, C. Kadow, S. Illing, J. Marotzke, 2013: Improved forecast skill in the tropics in the new MiKlip decadal climate predictions. Geophys. Res. Lett., 40, 5798-5802, doi:10.1002/2013GL058.



Abb. 1: Zur Langzeitarchivierung von Klimadaten werden Magnetbandkassetten eingesetzt.

Der Langzeitarchiv-Service für DKRZ-Nutzer

Ende 2011 wurde am DKRZ das Langzeit-Datenarchiv (LZA) eingeführt, in dem Nutzer ihre Daten nach Projektende im Magnetbandarchiv für mindestens zehn Jahre speichern und für Dritte bereitstellen können – so wie es von vielen Projekten, Förderorganisationen und Forschungsgesellschaften eingefordert wird. Dieser Service ist kostenlos für Daten, die am DKRZ errechnet wurden und wird bereits von mehreren Projekten in Anspruch genommen. Extern produzierte Klimadaten können ebenfalls – allerdings zum Selbstkostenpreis – langzeitarchiviert werden.

Weblink:
http://www.dkrz.de/daten-en/long_term_archiving

Kontakt für weiterführende Beratungen:
data@dkrz.de

Neue Projekte und Service



Abb. 2: Die Langzeitarchivierung ist ein wichtiger Baustein für den gesamten Lebenszyklus von Forschungsdaten. Die langfristige Nutzung der Daten wird erst hierdurch möglich.

In diesem Prozess werden die Daten mit für die Nutzung wichtigen Informationen (Metadaten) versehen und in die CERA-Klimadatenbank eingepflegt. Sie stehen dann allen Nutzern des DKRZ sowie des *World Data Centre for Climate* (WDCC) weltweit über das Internet zur Verfügung.

Um die Datensicherheit zu erhöhen, werden diese Daten auf je zwei Bandkassetten gespeichert, die im Gebäude des DKRZ in unterschiedlichen Brandabschnitten des Maschinenraums aufbewahrt werden. Gegenwärtig wird die zusätzliche externe Speicherung einer weiteren Bandkopie evaluiert.

Neue Projekte

Zentrale Lage des Kompetenz-Zentrums in Burkina Faso und der Gebiete des Forschungsprogramms: (1) Dano in Burkina Faso, (2) Vea in Ghana, (3) Tangieta in Benin. Zwei weitere quasi-naturbelassene Gebiete wurden als Referenz für Biodiversitäts- und Weidelandmanagement-Studien ausgewählt: (4) Nazinga in Burkina Faso und (5) Pendjari in Benin. Die Standorte der WASCAL Graduierten-Programme sind grün markiert (1 bis 6 sind PhD-Programme, 7 bis 10 Masterprogramme):

1. Westafrikanisches Klimasystem, *Federal University of Technology*, Akure, Nigeria
2. Klimawandel und Wasserressourcen, *University of Abomey-Calavi*, Cotonou, Benin
3. Ökonomie des KW, *CheikhAntaDiop University*, Dakar, Senegal
4. Klimawandel und Landschaft, *Kwame Nkrumah University of Science and Technology*, Kumasi, Ghana
5. Klimawandel und Biodiversität, *University of Cocody-Abidjan*, Côte d'Ivoire
6. Klimawandel und Landwirtschaft, *l'InstitutPolytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée*, Bamako, Mali
7. Klimawandel und menschliche Sicherheit, *University of Lomé*, Togo
8. Klimawandel und angepasste Landnutzung, *Federal University of Technology*, Minna, Nigeria
9. Klimawandel und Energie, *Université Abdou Moumouni*, Niamey, Niger
10. Klimawandel und Ausbildung, *University of The Gambia*, Brikama, The Gambia

Weblink:

<https://icg4wascal.icg.kfa-juelich.de/>

Neue Projekte

Weblink:

<http://www.eudat.eu/>

WASCAL: Eine deutsch-westafrikanische Forschungsinitiative

Das ländliche Westafrika muss Anpassungs- und Emissionsminderungsmaßnahmen als Reaktion auf den Klimawandel entwickeln, der sich dort z.B. durch erhöhte Klimavariabilität und Zunahme von Extremereignissen äußern könnte. Die elf deutschen Partner im Projekt WASCAL (*West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use*) unterstützen die Anstrengungen der dortigen Wissenschaftler mit dem Aufbau einer Forschungsinfrastruktur und Ausbildungsprogrammen sowie durch die Bündelung der Expertise zehn afrikanischer Länder.

Ein Kompetenzzentrum soll Beobachtungsnetzwerke betreuen und die erhobenen Daten sammeln. Ziel von WASCAL ist es, Modelle für folgende Themen zu

entwickeln: Klima und Wetter, Landschaftsdynamik, Agrarsysteme, Märkte und Lebensunterhalt, Risikomanagement und fachgebietsübergreifende Systemanalyse. Damit werden Szenarien – u.a. auch alternative Landnutzungsoptionen in Zeiten des Klimawandels – simuliert, analysiert und die Ergebnisse mit den Menschen vor Ort diskutiert.

Im Rahmen des von Oktober 2012 bis Februar 2016 vom BMBF geförderten Projektes unterstützt das DKRZ das Kompetenzzentrum bei dem Aufbau und Betrieb einer leistungsfähigen Rechnerinfrastruktur. Weiterhin werden Workshops sowie Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit angeboten, um die Akteure der Region einzubinden.

LSDMA: Management und Analyse von großen Datenmengen



Heute stößt die traditionelle Datenspeicherung und -analyse im Multi-Petabyte-Bereich an ihre Grenzen. Das 2012 von der Helmholtz Gemeinschaft (HGF) initiierte Projekt *Large-Scale Data Management and Analysis* (LSDMA) hat die Entwicklung spezieller Methoden und Infrastrukturen für den gesamten Lebenszyklus von *Big Data* zum Ziel: von der Erzeugung über Auswertung und Archivierung bis hin zur Verteilung an Endnutzer.

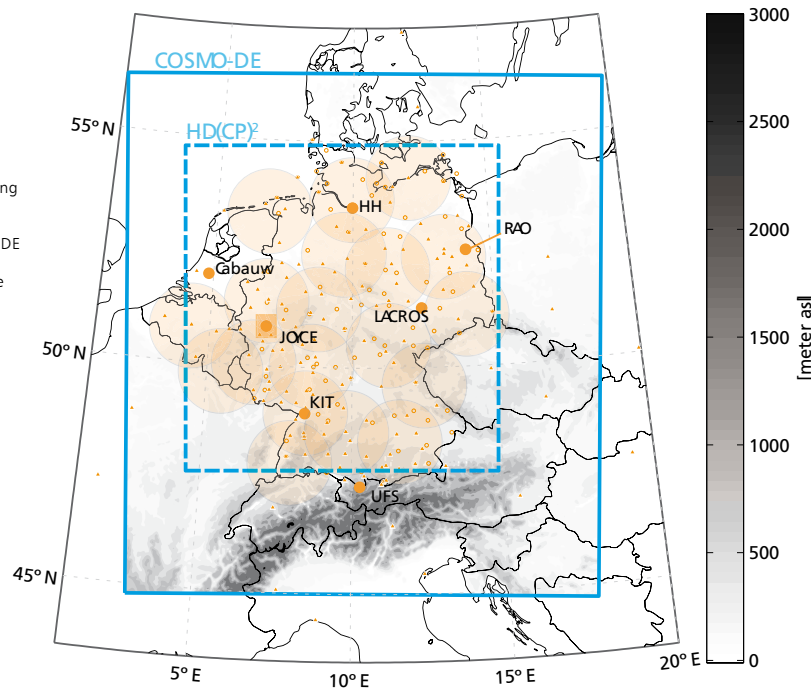
Dieses Projekt strebt die institutionsübergreifende Einrichtung von fünf „Datenlebenszyklus-Laboratorien“ an – ergänzt durch ein Datendienst-Integrationsteam, das Technologien für Verwaltung, Zugriff, Sicherheit, Speicherung und Archivierung der Daten entwickelt

und bereitstellt. Die über LSDMA eingerichteten Forschungsdatendienste sollen auch über 2016 hinaus dauerhaft weiter betrieben werden.

An dem Projekt beteiligen sich neben dem DKRZ die Helmholtz-Zentren DESY, FZ Jülich, GSI, das KIT sowie die Universitäten HTW Berlin, TU Dresden, Frankfurt, Hamburg, Heidelberg und Ulm.

DKRZ und KIT sind zentrale Partner innerhalb des „Erde und Umwelt“-Lebenszyklus-Labors, in dem KIT- und DKRZ-Datendienste verbunden werden sollen. Dabei werden innovative Technologien wie zum Beispiel *iRods* evaluiert und eingesetzt, die auch innerhalb des EUDAT-Projektes verwendet werden.

Abb. 1: Geplantes Modellgebiet für HD(CP)² mit einer horizontalen Auflösung von 100m (blau gestrichelt). Zum Vergleich das etwas größere Modellgebiet des Wettervorhersagemodells COSMO-DE des Deutschen Wetterdienstes (durchgezogene blaue Linie), welches nur eine horizontale Auflösung von 2800m hat.



HD(CP)²: Wolken und Niederschlagsprozesse im Klimasystem



Im BMBF-finanzierten Rahmenprojekt *High definition clouds and precipitation for advancing climate projections*, kurz: HD(CP)², werden Wolken- und Niederschlagsprozesse untersucht, um deren Einfluss auf das Klimasystem besser zu verstehen. Das mangelnde Verständnis dieser Zusammenhänge gehört zu den wichtigsten Faktoren in der Unsicherheit von Klima-projektionen.

Die mehr als 20 Teilprojekte von HD(CP)² sind zu drei Säulen zusammengefasst: Modellierung, Beobachtung und Synthese. Dieser Ansatz ermöglicht eine beispielhafte Zusammenarbeit und enge Abstimmung zwischen

messenden und modellierenden Forschern. Das DKRZ spielt eine zentrale Rolle in der Modellierungssäule. Basierend auf dem vom Max-Planck-Institut für Meteorologie und dem Deutschen Wetterdienst gemeinsam entwickelten Computermodell ICON soll ein Modell entwickelt werden, das für Deutschland Wolken- und Niederschlagsprozesse in sehr hoher Auflösung simuliert, um sie dann mit Messungen zu vergleichen. Das DKRZ ist zuständig für die technische Koordinierung der Modellentwicklung, arbeitet an der Optimierung und Skalierbarkeit des Codes und überarbeitet die Handhabung der Experimentierumgebung.

Weblink:
<http://hdcp2.zmaw.de>



Eindeutige Kennzeichnung von Daten: Persistente Identifikatoren

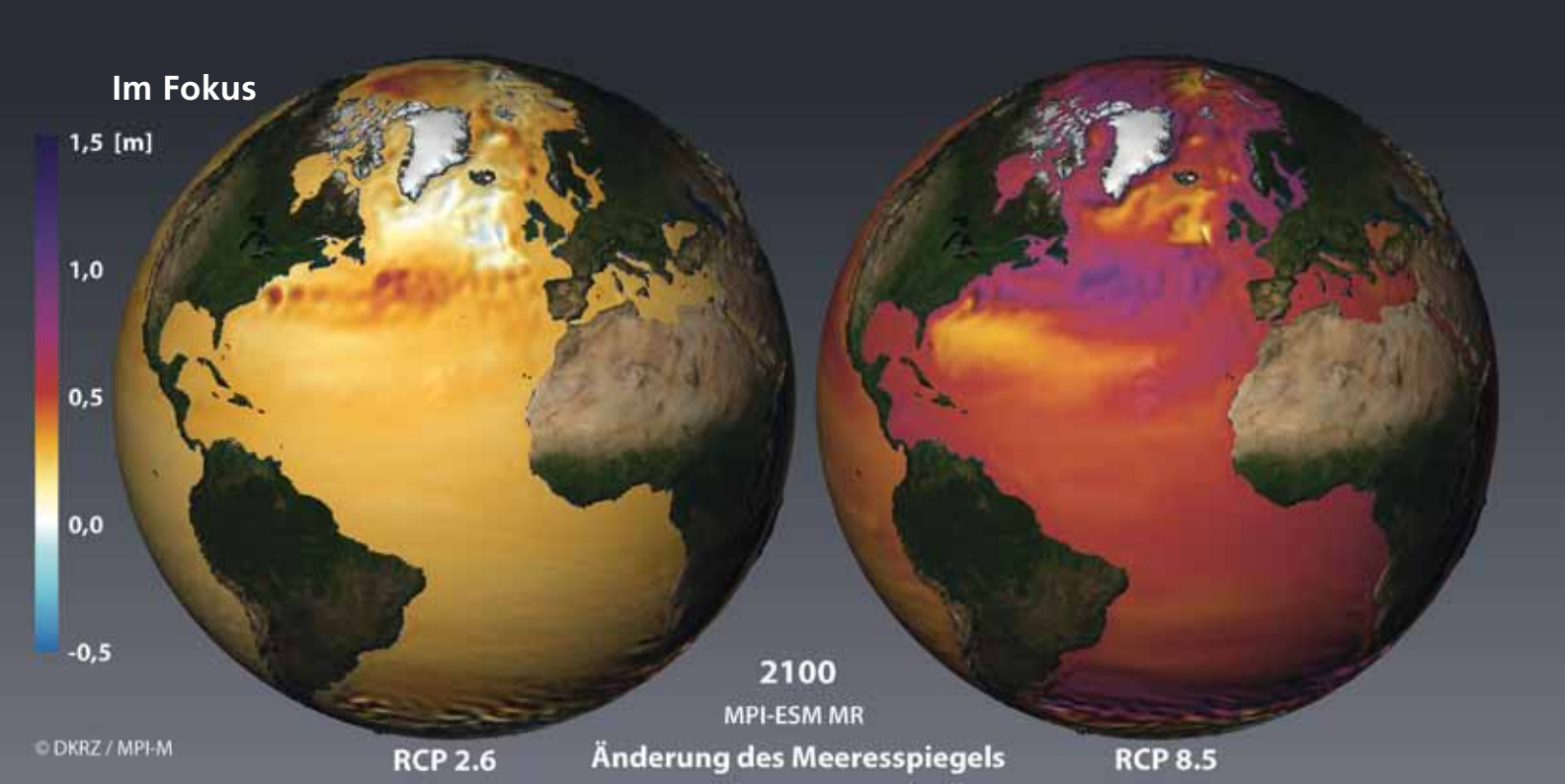
Mit dem Ziel, technische und soziale Barrieren bezüglich des freien Austauschs von Forschungsdaten zu überwinden, formierte sich im März 2013 die *Research Data Alliance* (RDA) auf internationaler Ebene. Eine der ersten aktiven Arbeitsgruppen der RDA befasst sich unter der Leitung des DKRZ und der Johns Hopkins University intensiv mit technischen Aspekten von „Persistenten Identifikatoren“ (PIDs). Diese dienen der eindeutigen Kennzeichnung von Forschungsdaten, vergleichbar mit der ISBN für Bücher. Im Gegensatz zu den bereits eingesetzten *Digital Object Identifiers* (DOIs) sollen PIDs den Daten jedoch viel früher im Entstehungszyklus

zugeordnet werden. Operativ wird der PID-Service am DKRZ bereits im Rahmen von EUDAT verwendet. Experimentell werden außerdem PIDs für Inhalte der CERA-Datenbank vergeben.

Eine weitere aktuelle Aktivität zu diesem Thema ist die Vorbereitung eines DFG-Projektantrags unter Führung der Technischen Informationsbibliothek (TIB) Hannover, in welchem die Leistungsfähigkeit des PID-Systems und der Übergangsprozess zur formalen Datenpublikation verbessert werden sollen.

Weblink:
<http://rd-alliance.org>

Das CMIP5-Projekt
und der
5. Weltklimabericht



Das CMIP5-Projekt

Etwa alle sieben Jahre berichtet der Weltklimarat (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC) über den aktuellen Stand der Wissenschaft in der Klimaforschung. Der fünfte dieser Sachstandsberichte (*Assessment Report AR5*) wurde 2013/14 veröffentlicht.

Im Hinblick auf diese Berichte werden regelmäßig standardisierte Klimasimulationen vereinbart, die weltweit in Modellvergleichsprojekten (*Coupled Model Intercomparison Projects*, CMIP) mit den besten nationalen Klimamodellen unter vorgegebenen Randbedingungen durchgeführt werden, um eine optimale Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erreichen.

Es ist bekannt, dass die Streuung der Ergebnisse unterschiedlicher Modelle wesentlich durch die Darstellung von Wolkenprozessen, Niederschlag und Strahlung verursacht wird. Deshalb lag diesmal auch einer der Schwerpunkte bei Experimenten, die es erleichtern, die Rolle dieser Prozesse zu untersuchen, wie z.B. Experimente mit einer vollständig wasserbedeckten Erde.

In das aktuelle Protokoll CMIP5 (*CMIP Phase 5*) wurden zudem dekadische Experimente mit einer Simulationszeit von etwa zehn Jahren aufgenommen, deren Anfangsbedingungen wie bei Wettervorhersagen unter Verwendung von Beobachtungsdaten berechnet und

die mehrfach mit kleinen Störungen wiederholt wurden, um Aussagen über die Vorhersagbarkeit der Klimaentwicklung in den nächsten Dekaden machen zu können. Ebenfalls neu sind Simulationen der nahen (1850 bis 2005) und fernen (850 bis 1850) Vergangenheit, sowie des Klimas im Letzten Glazialen Maximum und im Mittleren Holozän.

Neben diesen Experimenten, die einen Vergleich mit Beobachtungsdaten erlauben und der Bewertung der Klimamodelle dienen, enthält CMIP5 auch wieder Simulationen möglicher Klimaentwicklungen bis 2100 und später. Vier neue Szenarien – sogenannte *Representative Concentration Pathways* (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 und RCP8.5) – wurden für CMIP5 erstellt, die die Bandbreite zukünftiger Emissionen abbilden sollen. Die Zahlen in den Bezeichnungen entsprechen jeweils der 2100 erreichten Zunahme des Strahlungsantriebs in Watt pro Quadratmeter gegenüber dem vorindustriellen Zustand.

Viele gekoppelte Atmosphären-Ozean-Modelle wurden inzwischen um Komponenten zur Simulation der Landoberfläche und Vegetation sowie von biogeochemischen Ozeanprozessen erweitert. Mit solchen Erdsystemmodellen (ESM) kann auch der globale Kohlenstoffzyklus simuliert werden. Für diese ESM wurden neben den oben erwähnten CO₂-Konzentrations-szenarien auch ein Szenario ins CMIP5-Protokoll aufgenommen, das RCP8.5 entspricht, aber anthropogene Emissionen von CO₂ statt der resultierenden Konzentration in der Atmosphäre vorgibt.

An CMIP5 beteiligen sich 25 Modellierungszentren aus 19 Ländern mit 58 Modellen. Es wird geschätzt,

dass das weltweit produzierte Datenvolumen über 10 Petabyte (10 Millionen Gigabyte) beträgt. Davon stehen 2 Petabyte qualitätsgeprüft und dokumentiert sowohl Wissenschaftlern als auch Politikern und anderen Entscheidungsträgern zur Verfügung.

Der deutsche Beitrag zu CMIP5

Der deutsche Beitrag zu CMIP5 wurde mit drei Varianten des am Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M) entwickelten MPI-ESM (Abb. 1) am DKRZ durchgeführt [1].

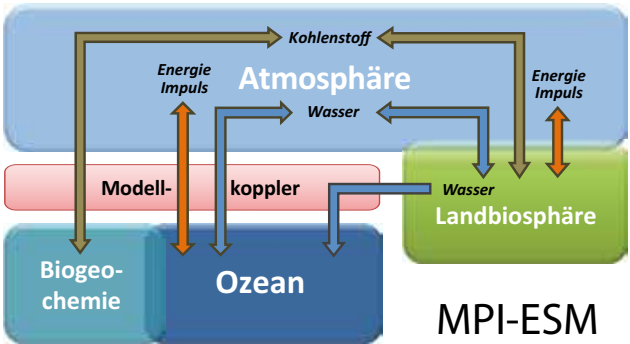


Abb. 1: Schematische Darstellung des Erdsystemmodells MPI-ESM.

Die große Zahl und Vielfalt der Simulationen ermöglicht Untersuchungen über den Einfluss der Auflösung und verschiedener Prozesse sowie deren Parametrisierung. So wurden z.B. die Simulationen der fernen Vergangenheit mit einer Modellvariante MPI-ESM-P durchgeführt, in der die dynamische Vegetationsberechnung durch Vegetationskarten für die verschiedenen Paläozeiten ersetzt ist. Außerdem wurde eine Darstellung des Orbits benutzt, die speziell für weit zurückliegende Zeiten geeignet ist. Die meisten Experimente wurden

zudem mit einer höher und einer niedriger auflösenden Modellversion durchgeführt (MPI-ESM-MR , MPI-ESM-LR).

Abbildung 2 zeigt die simulierte Entwicklung der globalen Oberflächentemperatur aller Ensemblemitglieder des historischen Experiments für 1850 bis 2005 und der daran anschließenden Projektionen der Szenarien RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5 für 2006 bis 2100. Die für das Szenario RCP2.6 berechnete globale Erwärmung bleibt unterhalb von 2 Grad Celsius verglichen mit dem vorindustriellen Wert. Das ist insofern bemerkenswert, als das RCP2.6-Szenario in Hinblick auf dieses 2-Grad-Ziel erstellt wurde, welches eine herausragende Stellung in der Politik einnimmt.

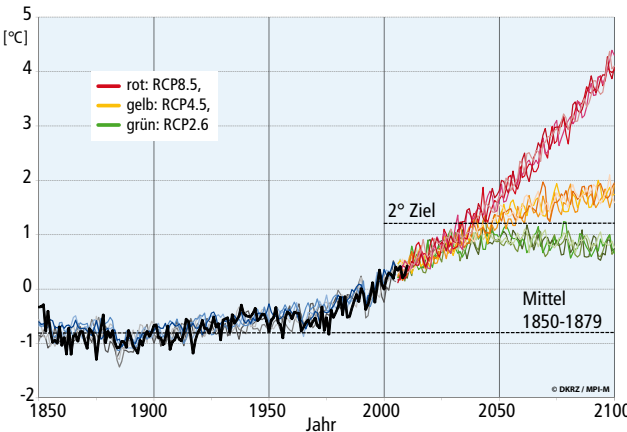


Abb. 2: Änderung des globalen Mittels der oberflächennahen Lufttemperatur (gegenüber dem Mittelwert von 1886 bis 2005), berechnet aus dem CRU-Beobachtungsdatensatz ([2], schwarze Kurve) und simuliert mit MPI-ESM-LR und MPI-ESM-MR. Die dünnen grauen bzw. blauen Kurven zeigen für 1850 bis 2005 die Simulationen der jüngeren Vergangenheit, die farbigen Kurven die Projektionen der verschiedenen RCP-Szenarien für 2006-2100.

Je eine Realisation der RCP-Experimente mit dem LR-Modell wurde bis 2300 fortgesetzt. Der auf Basis der thermischen Ausdehnung berechnete Meeresspiegel (Abb. 3) steigt in allen Szenarien bis 2300 fast unvermindert an, auch bei RCP2.6, bei dem das globale Temperaturmaximum schon um 2050 erreicht ist (Abb. 2).

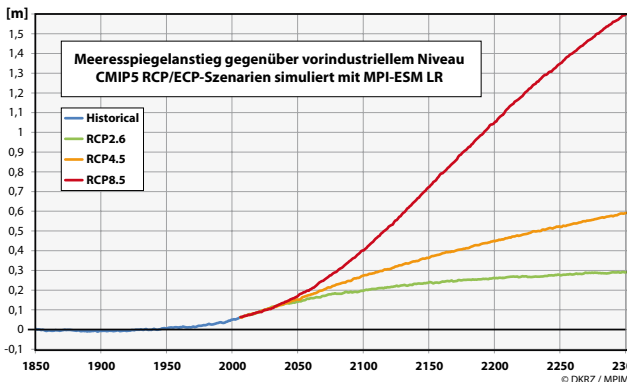


Abb. 3: Simulierter Meeresspiegelanstieg bis 2300 auf Basis der Simulationen mit dem LR-Modell. Ein deutlicher Meeresspiegelanstieg über Jahrhunderte ist zu erwarten: im Jahr 2300 beträgt der mittlere Anstieg je nach Szenario zwischen 0,3 und 1,6 Meter gegenüber dem vorindustriellen Zustand.

Zur Untersuchung der Vorhersagbarkeit des Klimas für Zeiträume von bis zu drei Jahrzehnten wurden mit MPI-ESM-LR dekadische Experimente mit 50 Anfangsterminen und bis zu zehn Realisationen durchgeführt. Abbildung 4 zeigt für den Nordatlantik, wo das Vorhersagepotenzial am größten ist, Beobachtungen, Ergebnisse der Experimente ,historical' bzw. ,RCP4.5', sowie der dekadischen Simulationen. Die RCP4.5-Ergebnisse für den Zeitraum 1990 bis 2020 liegen außerhalb der Vertrauensintervalle (bis 80 %) der dekadischen Simulationen, was die Bedeutung der Initialisierung für Vorhersagen auf dieser Zeitskala unterstreicht (Abb. 4).

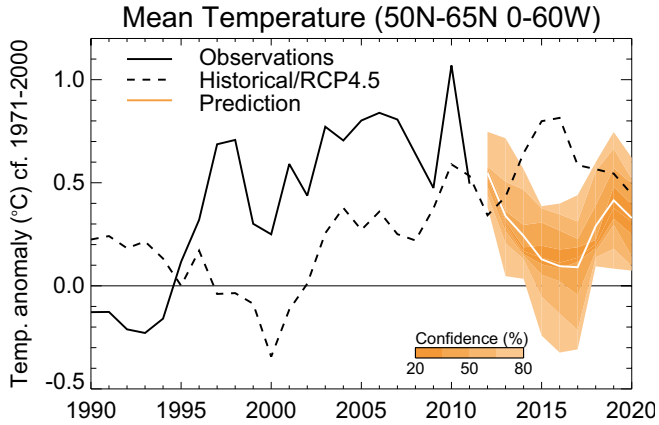


Abb. 4: Jahresmittel der Temperaturanomalien (jeweils Abweichungen vom Mittelwert zwischen 1971 und 2000) an der Ozeanoberfläche im Nordatlantik: Beobachtungen ([3]; durchgezogen, schwarz), Ensemble-Mittel (3 Mitglieder) von ,historical' 1990 bis 2005 und RCP4.5 2006 bis 2020 (gestrichelt, schwarz), Ensemble-Mittel (10 Mitglieder) der dekadischen Vorhersagen 2012 bis 2020 (durchgezogen, weiß). Die verschiedenen Schattierungsgrade um den Mittelwert der dekadischen Vorhersagen zeigen Vertrauensintervalle zwischen 20 und 80 %. (Quelle: Holger Pohlmann, Max-Planck-Institut für Meteorologie)

MPI-ESM enthält einen interaktiven Kohlenstoffkreislauf. Abbildung 5 zeigt den akkumulierten atmosphärischen Kohlenstoff der Konzentrations- sowie der Emissionsexperimente.

Die Werte stimmen gut überein. Nur in der Dekade um 1960 liegt der frei simulierte Kohlenstoffgehalt merklich über dem Wert des Experiments mit beobachteten, also vorgegebenen Konzentrationen. Auch ab etwa 2070 ist der simulierte Wert größer als der vorgegebene. Die Kohlenstoffsenken in MPI-ESM-LR sind am Ende des Jahrhunderts weniger effektiv als bei der Erstellung der Szenarien angenommen.

Neben der Erderwärmung bewirkt die steigende CO₂-Konzentration eine Versauerung bzw. Karbonatuntersättigung der Ozeane, welche die Bildung von

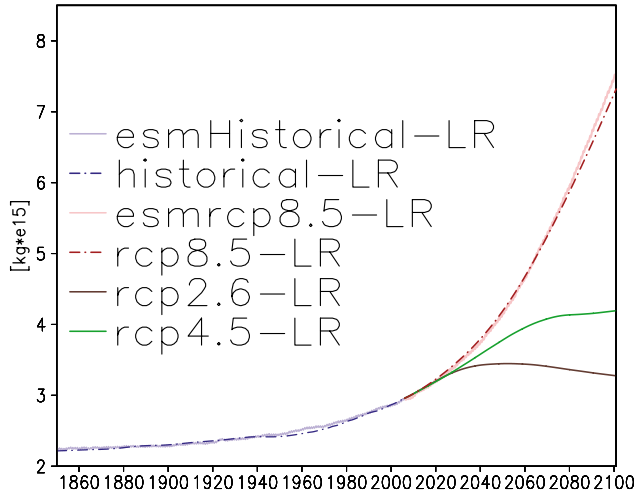


Abb. 5: Zeitliche Entwicklung des Gesamtkohlenstoffs [10¹⁵ kg] in der Atmosphäre, berechnet aus den Werten für das ,historical' und die RCP-Konzentrationsexperimente (grüne, schwarze und gestrichelte Kurven), sowie berechnet mit MPI-ESM-LR in der Projektion des Emissionsszenarios (durchgezogene Kurven in rosa und violett).

Kalkskeletten beeinträchtigt. Abbildung 6 zeigt die simulierte Karbonatsättigung an der Ozeanoberfläche sowie auf Vertikalschnitten durch Atlantik und Pazifik für die Jahre 1950 (,historical' Experiment) und 2300 (Projektion des RCP8.5 Szenarios).

Bei diesem Szenario werden auf lange Sicht weite Teile des Ozeans von kalkskelettbildenden Meerestieren entvölkert, und aufgrund der Nahrungsketten auch von anderer Meeresfauna. Die Änderung der Karbonatsättigung gehört, ähnlich wie der thermische Anstieg des Meeresspiegels, zu den lang anhaltenden Veränderungen des Erdsystems.

Insgesamt wurden am DKRZ 486 CMIP5-Simulationen mit insgesamt 15.397 Jahren durchgeführt. Dabei

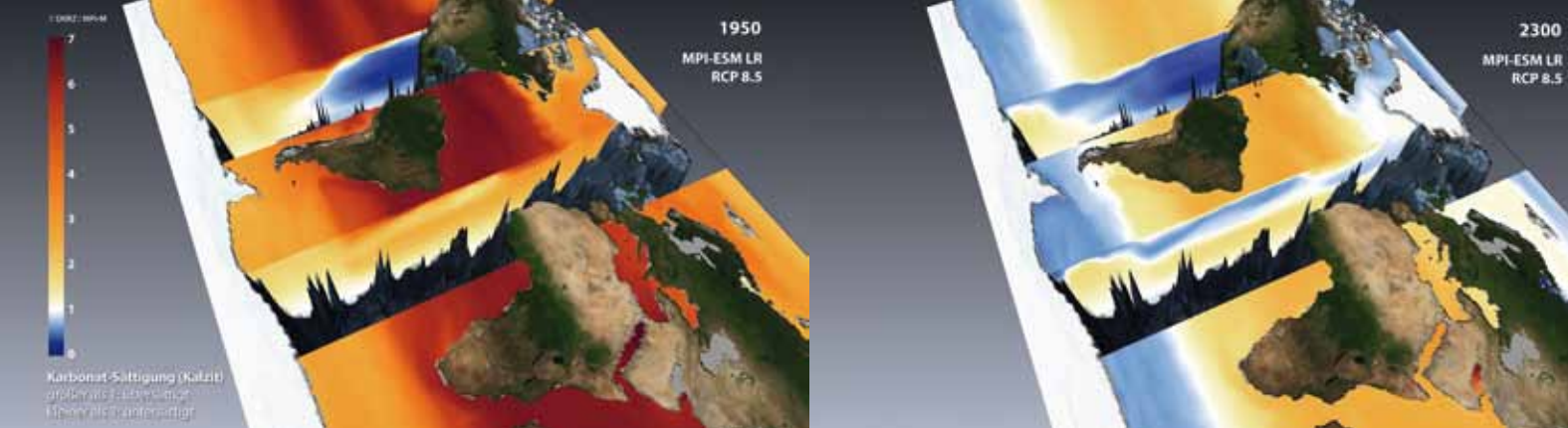


Abb. 6: Karbonatsättigung im Ozean im Jahr 1950 des „historical“ Experiments (links) und im Jahr 2300 des rcp85-Experiments (rechts). Die blau eingefärbten Wassermassen weisen eine Untersättigung auf, die den Abbau von Kalkschalen oder -skeletten bewirken bzw. deren Aufbau behindern würde.

wurden 870 Terabyte Rohdaten erzeugt und im DKRZ-Archiv gespeichert. Aus den Rohdaten wurden entsprechend dem CMIP5-Datenprotokoll 70 Terabyte CMIP5-Daten aufbereitet, qualitätsgeprüft und im Erdsystem-Grid-Verbund (*Earth System Grid Federation*, ESGF) publiziert.

Regionalisierung der CMIP5-Simulationen (CORDEX)

Schon die Ergebnisse der CMIP3-Simulationen für den 4. Weltklimabericht wurden am DKRZ mit regionalen Klimamodellen (RCMs) auf regionale Skalen ‚herunterskaliert‘. Die Regionalisierung der CMIP5-Daten wird durch eine breiter angelegte, internationale Initiative CORDEX (*Coordinated Regional Downscaling Experiments*) des *World Climate Research Programme* (WCRP) koordiniert.

Am DKRZ werden sowohl Ergebnisse des MPI-ESM-LR als auch die anderer CMIP5-Modelle als Antrieb für die regionalen Klimamodelle CCLM (*COSMO-Modell*

im Klima-Modus) und REMO (*Regional Model*) über Afrika und Europa (jeweils mit 50- und 12-km-Gittern) benutzt. Die Simulationen hierzu sind abgeschlossen. Derzeit werden die Daten für die Archive aufbereitet. Afrika ist von CORDEX als die Region festgelegt, die von allen RCMs bearbeitet werden muss. Die Auswahl weiterer der insgesamt zwölf CORDEX-Regionen ist freigestellt.

CMIP5/CORDEX-Datenarchive

Die weltweiten CMIP5-Daten zu verwalten und Nutzern zugänglich zu machen, stellt bei einer erwarteten Datenmenge von mehr als 10 Petabyte eine besondere Herausforderung dar. Eine zentrale Bereitstellung wie bei CMIP3 schließen die Datenmenge und die erwarteten häufigen Zugriffe aus. Daher wurde der weltweite Erdsystem-Grid-Verbund ESGF ins Leben gerufen, dessen Gründungsmitglied das DKRZ ist. ESGF entwickelt Komponenten basierend auf verteilten Datenknoten und Portalen (sogenannten Index-Knoten). Durch Replikation der viel nachgefragten Daten wird die Daten-

sicherheit erhöht und die Zugriffslast auf den einzelnen Knoten verringert.

Das ESGF bildet die Grundlage des weltweit verteilten CMIP5-Archivs, dessen europäischer Teil im Rahmen des IS-ENES FP7-Projekts koordiniert wird. Für eine zuverlässige CMIP5-Datenbereitstellung haben sich das DKRZ, das BADC (Großbritannien) sowie das PCMDI (USA) verpflichtet, häufig genutzte CMIP5-Daten zu replizieren und langfristig zu speichern. ESGF wird auch die Daten der europäischen CORDEX-Teilnehmer bereitstellen.

Für den Vergleich der Modellergebnisse der vielen verschiedenen Experimente, die unterschiedliche Institutionen mit mehreren Modellen bzw. Modellvarianten durchgeführt haben, benötigen Forscher umfangreiche Informationen über die generierten Modelldaten: die Metadaten. Grundlegende Metadaten werden hierbei durch die ESGF-Indexknoten direkt bereitgestellt. Darüber hinausgehende wissenschaftliche Informationen, beispielsweise zur Konfiguration des verwendeten gekoppelten Modells, wurden mit den im europäischen Metafor-Projekt entwickelten Werkzeugen gesammelt. In dem Projekt wurde auch ein einheitliches Metadaten-Modell entwickelt, das *Common Information Model* (CIM), mit dem Ziel, einen Beschreibungsstandard für Experimente und Klimamodelle zu etablieren.

Viele auf den CMIP5-Daten basierende Studien wurden bereits publiziert und haben Eingang in den IPCC-Bericht des Weltklimarates gefunden. Um auch die CMIP5-Daten selbst referenzieren zu können, entwickelte

das DKRZ einen Datenpublikationsablauf, welcher die Zuordnung von *Digital Object Identifier* (DOIs) zu Gruppen von zusammengehörigen Datensätzen ermöglicht.

Weblinks:

<http://www.dkrz.de/Klimaforschung/konsortial/ipcc-ar5>
<http://www.ipcc.ch/report/ar5/>
 ESGF Datenportal am DKRZ: <http://esgf-data.dkrz.de>

Literatur:

- [1] Giorgetta, M.; Jungclaus, J.; Reick, C.; Legutke, S.; Bader, J.; Böttinger, M.; Brovkin, V.; Crueger, T.; Esch, M.; Fieg, K.; Glushak, K.; Gayler, V.; Haak, H.; Hollweg, H.-D.; Ilyina, T.; Kinne, S.; Kornblueh, L.; Matei, D.; Mauritsen, T.; Mikolajewicz, U.; Mueller, W.; Notz, D.; Pithan, F.; Raddatz, T.; Rast, S.; Redler, R.; Roeckner, E.; Schmidt, H.; Schnur, R.; Segschneider, J.; Six, K.; Stockhause, M.; Timmreck, C.; Wegner, J.; Widmann, H.; Wieners, K.-H.; Claussen, M.; Marotzke, J.; Stevens, B.: Climate and carbon cycle changes from 1850 to 2100 in MPI-ESM simulations for the Coupled Model Intercomparison Project phase 5, *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, DOI: 10.1002/jame.20038 (2013)
- [2] Mitchell, T. D.; Jones, P. D.: An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids, *International Journal of Climatology* 25, 693-712, doi:10.1002/joc.1181 (2005)
- [3] Rayner, N. A.; Parker, D. E.; Horton, E. B.; Folland, C. K.; Alexander, L. V.; Rowell, D. P.; Kent, E. C.; Kaplan, A.: Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 108, No. D14, 4407, 10.1029/2002JD002670 (2003)



Jubiläum: 25 Jahre Deutsches Klimarechenzentrum

Im November 1987 unterzeichnen die Max-Planck-Gesellschaft (MPG) zur Förderung der Wissenschaften e.V., die Freie und Hansestadt Hamburg und das GKSS Forschungszentrum Geesthacht (heute Helmholtz-Zentrum Geesthacht) den Gründungsvertrag für die Deutsches Klimarechenzentrum GmbH. Das Rechenzentrum nimmt im Januar 1988 am Standort Hamburg zunächst mit 22 Mitarbeitern und einigen schon etwas betagten Rechnern des ehemaligen Gemeinsamen Rechenzentrums (GRZ) von Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M) und der Universität Hamburg seinen Dienst auf. Das neue nationale, mit Unterstützung des Forschungsministeriums exklusiv für die Klimafor-schung bereitgestellte Hochleistungsrechenzentrum erweist sich als eine Erfolgsgeschichte, die wesentlich zur weltweit führenden Stellung der deutschen Klimawissenschaft beiträgt. Im Februar 2012, mehr als 25 Jahre nach seiner Gründung, kann es auf eine interessante und bewegte Geschichte zurückblicken, während der sich die deutsche Klima- und Erdsystemforschung immer auf die hohe Rechenleistung, Datenspeicherungskapazitäten und kompetente Beratung des DKRZ verlassen konnte.

Diese historische Rolle sowie die heutigen und zukünftigen Anforderungen spiegeln sich auch in den Beiträgen des Festsymposiums wider, mit dem das DKRZ das Jubiläum am 25.02.2013 gemeinsam mit seinen Förderern und Nutzern feiert. Ein wissenschaftlicher Nutzerworkshop am 26.02.2013 macht die ganze Bandbreite aktueller Forschungsprojekte sichtbar, die

mit der Nutzung des DKRZ-Hochleistungsrechners ermöglicht werden.

Symposium

Durch das Programm des Symposiums führt der Meteorologe und TV-Wettermoderator Karsten Schwanke, ehemals selbst Nutzer des DKRZ. Nach Grußworten durch hochrangige Vertreter der Stadt Hamburg, des Bundesministeriums für Bildung und Forschung sowie aller vier Gesellschafter des DKRZ beginnt das eigentliche Programm.

Die Ehre des ersten Vortrages gebührt dem ersten technisch-administrativen Geschäftsführer Wolfgang Sell, der auf die technisch-organisatorischen Aspekte des Hochleistungsrechenzentrums von der Gründung bis zu seinem Abschied in den Vorruhestand Ende 2004 eingeht.

Der emeritierte Gründungsdirektor des MPI-M und gleichzeitig langjährige wissenschaftliche Geschäftsführer des DKRZ, Prof. Klaus Hasselmann, berichtet danach über gesellschaftliche, politische, wissenschaftliche und wissenschaftspolitische Entwicklungen, die zunächst die Gründung des MPI-M und später auch die des DKRZ ermöglichten und schließlich zu einer sehr leistungsfähigen und international vernetzten deutschen Klima- und Erdsystemforschung führten.



Abb. 1: DKRZ Geschäftsführer Prof. Thomas Ludwig im Gespräch mit der Hamburger Wissenschaftssenatorin Dr. Dorothee Stapelfeldt und dem Staatssekretär Dr. Georg Schütte vom BMBF



Abb. 2: Teilnehmer der Festveranstaltung: Prof. Martin Stratmann, Vizepräsident der Max-Planck-Gesellschaft, Prof. Karin Lochte, Direktorin des Alfred-Wegener-Instituts und Wolfgang Sell, DKRZ-Geschäftsführer von 1987-2004



Abb. 3: Prof. Dieter Lenzen, Präsident der Universität Hamburg, hält ein Grußwort



Abb. 4: Prof. Bjorn Stevens, Direktor am MPI für Meteorologie



Abb. 5: Teilnehmer des wissenschaftlichen Nutzerworkshops diskutieren über Forschungsergebnisse

Thomas Ludwig, seit 2009 Informatikprofessor an der Universität Hamburg und Geschäftsführer des DKRZ, deckt in seinem Vortrag noch eine wesentlich größere Zeitspanne ab: die Geschichte des Hochleistungsrechnens beginnt nicht erst mit der Verfügbarkeit von digitalen Computern, sondern im achtzehnten Jahrhundert mit der Aufteilung wissenschaftlicher Rechnungen in Teilaufgaben, die parallel von menschlichen Rechnern erledigt wurden. Und sie endet natürlich auch nicht heute, wo bereits Millionen Prozessorkerne in einzelnen Hochleistungsrechnern zusammengefasst werden und parallel an einem Problem rechnen können.

Über aktuelle wissenschaftliche Projekte und die wichtige Rolle des DKRZ bei deren Durchführung spricht Prof. Jochem Marotzke, seit 2003 Direktor am MPI-M und Wissenschaftlicher Direktor am DKRZ von 2006 bis 2009. In seinem Ausblick auf kommende Forschungsprojekte erklärt er, warum bei diesen zunehmend wissenschaftliche Programmierer und IT-Spezialisten notwendig sind.

Stefan Heinzel, Direktor des Rechenzentrums Garching der Max-Planck Gesellschaft (RZG) und technischer Direktor des DKRZ von 2006 bis 2009, geht in seinem Vortrag auf aktuelle und mögliche zukünftige Entwicklungen in der Rechnertechnologie ein. Vielfältige technische und algorithmische Herausforderungen sind zu lösen, um die massiv parallelen Exaflops-Rechner der Zukunft sinnvoll nutzen zu können. Die Rechner müssten energieeffizienter werden, die berechneten Daten müssten sich effektiver und schneller lesen und speichern lassen, und dennoch müsste sich die Arbeitsweise der Wissenschaftler vermutlich noch stärker an die veränderten technischen Randbedingungen anpassen.

Weblink:

Festschrift „25 Jahre DKRZ“ (2012):
<http://www.dkrz.de/about/media/downloads/festschrift-DKRZ25>

Poster zum Nutzerworkshop:
<http://www.dkrz.de/Klimaforschung/HLRE-Projekte/poster-zum-nutzerworkshop-2013>

Abschließend nutzt Prof. Guy Brasseur, Direktor des Climate Service Center (CSC) und wissenschaftlicher Geschäftsführer am DKRZ von 2000 bis 2006, die Gelegenheit, über Klimadienste zur Unterstützung von Anpassungsstrategien zu sprechen.

Nutzerworkshop

Einige der wissenschaftlichen Hauptnutzer des DKRZ geben am folgenden Tag im Rahmen eines wissenschaftlichen Workshops einen Einblick in ihre aktuellen Forschungen und die Zusammenarbeit mit dem DKRZ.

Zunächst die Gesellschafter: den Anfang macht Prof. Bjorn Stevens, Direktor am MPI-M, das innerhalb der MPG größter Nutzer des DKRZ ist. Stevens betont, wie wichtig die klimaspezifische Ausrichtung des Rechenzentrums für eine fruchtbare Zusammenarbeit und die effiziente Nutzung der Systeme ist. Für die Universität spricht Prof. Thomas Frisius vom Meteorologischen Institut, gefolgt von Dr. Sebastian Wagner vom Institut

für Küstenforschung des HZG und Dr. Annette Rinke vom Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung, dem seit 1991 vierten Gesellschafter des DKRZ.

Über das Konsortialprojekt STORM spricht Jin Son von Storch und zeigt am Beispiel interner Wellen im Ozean, dass durch die hier verwendete hohe Modellauflösung eine neue Klasse von Prozessen simuliert und untersucht werden kann. Dr. Frank Kreienkamp von der CEC-Potsdam GmbH berichtet darüber, welchen Wert das DKRZ als Datenzentrum für Anwender von Klimadaten hat. Dr. Elke Keup-Thiel vom Climate Service Center beschließt den Vortragsteil mit ihrem Beitrag über die Rolle des DKRZ bei der Bereitstellung von Klimadiensten.

Eine Ausstellung mit mehr als 100 wissenschaftlichen Postern demonstriert am Nachmittag die wissenschaftliche Bandbreite, die mit Hilfe des DKRZ abgedeckt wird. Abschließend werden in parallelen Arbeitsgruppen unterschiedliche Aspekte der DKRZ-Dienste diskutiert und Anregungen für die zukünftige Arbeit gesammelt.



Virtuelle Maschinen – Reale Anwendungen

Das DKRZ betreibt ein Rechnersystem mit über 100 virtuellen Maschinen (VMs). Neben allen zentralen Diensten wie den E-Mail-Servern werden VMs auch vermehrt von wissenschaftlichen Projekten genutzt, die darin individuelle Software entwickeln und Dienste für die Klimaforschung bereitstellen. Anfang 2012 wurde ein neues System bestehend aus Blade-Servern und schnellen, hochverfügbaren Speichersystemen installiert. Alle VMs werden zentral verwaltet, so dass sich neben einer erheblichen Kosteneinsparung auch eine starke Vereinfachung bei der Administration gegenüber herkömmlichen Systemen ergibt.

Magnetbandkassetten – Speicherung am laufenden Band

Mehr als 8 Petabyte neuer Modelldaten müssen heute jährlich im HPSS-Archivsystem des DKRZ untergebracht werden. Diese Menge entspricht der Plattenkapazität von 16.000 handelsüblichen Notebooks. Wegen der vergleichsweise geringen Kosten setzt das DKRZ seit über 25 Jahren erfolgreich Magnetbandkassetten ein. Etwa alle fünf Jahre ist ein Generationswechsel bei den Medien auf höhere Speicherdichten notwendig, um mit der technischen Entwicklung und dem wachsenden Bedarf Schritt zu halten. 2012 und 2013 wurden jeweils 6.700 neue Kassetten des Typs LTO5 mit einer Kapazität von je 1,5 Terabyte beschafft und in die 66.000 Kassetten fassende Magnetbandbibliothek aufgenommen, die ein Speichervermögen von bis zu 100 Petabyte erreicht.

Ausbau der Linux-Knoten für Datenbearbeitung und Visualisierung

Die Linux-Systeme für die Vor- und Nachbearbeitung, Analyse und die interaktive Visualisierung von Klimadaten wurden 2013 umgebaut und sämtliche Anwendungssoftware neu strukturiert. Fünf neue Dell M620-Knoten bilden die Hardware für die Vor- und Nachverarbeitung sowie die Datenanalyse. Diese sind mit jeweils zwei Intel 8-Core-Prozessoren und 256 GB RAM vor allem im Speicherausbau besser an die aktuelle Last angepasst. Auch die Hardware des Visualisierungsservers Halo konnte teilweise erneuert werden – so wurden einige alte Systeme durch Dell M610x-Systeme mit je



Abb. 1: Zwei der High-End-Knoten des heterogenen Linux-Visualisierungsservers.

Weblink:

www.dkrz.de/Nutzerportal-en/doku/halo/

zwei Intel-Prozessoren (je 6 Kerne), 96 GB RAM und einer NVidia Tesla M2070Q GPU ersetzt. Diese eignen sich gut für die interaktive netzwerkbasierende 3D-Visualisierung. Das Halo-System wurde ebenfalls um einen speziellen High-End-Knoten verstärkt, der neben einer NVidiaQuadro 6000-Grafik auch über eine Xeon Phi 5110P-Koprozessorkarte (8GB, je 60 Kerne) verfügt. Damit kann dieses System zusätzlich zur Evaluierung und Programmentwicklung für diese neue Koprozessorlinie eingesetzt werden.

Nach Serverabschaltung in den USA hilft das DKRZ aus

Die Auswirkungen der Finanzkrise in den USA erreichten im Oktober 2013 auch das DKRZ. Nach der Abschaltung von amerikanischen Datenservern wurden kurzfristig die zentralen Dienste des Erdsystem-Grid-Verbundes (ESGF) auf europäische Server umgeschaltet, so dass Wissenschaftler weltweit weiterhin auf etwa die aktuellen IPCC-Rechnungen oder die Infrastruktur des europäischen Netzwerkes für Erdsystemforschung (ENES) zugreifen konnten. Server des DKRZ übernahmen hierbei die Bereitstellung von Sicherheitsinformationen für die weltweit verteilten Datenknoten des ESGF.

Ein Klimamodell für Schulen und Öffentlichkeit

Klimamodelle sind für den Laien oft ein Rätsel, dem mit Misstrauen begegnet wird. Das DKRZ engagiert

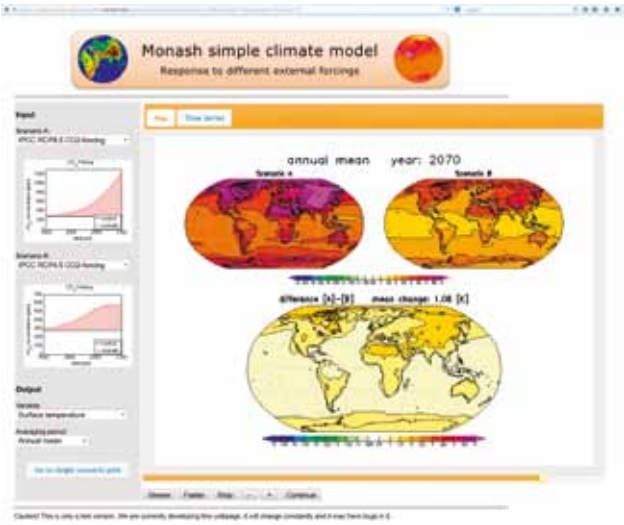


Abb. 2: Screenshot des Web-basierten „Monash Simple Climate Model“ mit vergleichender Darstellung simulierter Temperaturänderungen für verschiedene Klimaszenarien

sich daher für die Aufbereitung des einfachen Klimamodells *Monash Simple Climate Model* für die Nutzung an deutschen Schulen und die deutschsprachige Öffentlichkeit. Das Modell basiert auf dem *Globally Resolved Energy Balance Model*, das Dietmar Dommenget an der Monash-Universität in Melbourne für die universitäre Ausbildung entwickelte. Es simuliert die wesentlichen physikalischen Klimaprozesse und wird auch auf Szenarien künftiger Klimaentwicklung angewendet. Trotz starker Vereinfachungen sind die Ergebnisse in Grundzügen mit denen komplexer Klimamodelle vergleichbar. Geplant ist eine 2012 bereits teilweise erfolgte Implementierung auf einem DKRZ-Server, die Übersetzung der Webseite und der Tutorials sowie die Anfertigung von didaktischen Materialien für schulische Zwecke, zum Beispiel in dem Schulprojekt Klimawandel.



Copyright: Braun/Nixdorf Museumsforum

Abb. 2: Klima-Globus-Exponat des DKRZ im Max Planck Science Tunnel

Der neue Max Planck Science Tunnel

Der Science Tunnel 3.0 ist eine Wanderausstellung der Max-Planck-Gesellschaft, die im Herbst 2012 gestartet ist und die Megatrends des 21. Jahrhunderts sowie die großen Themen der Grundlagenforschung präsentiert. Die beiden Vorläufer Science Tunnel 1.0 und 2.0 haben weltweit 9 Millionen Besuchern angelockt. Zu der multimedialen Reise durch die Dimensionen dieser Welt hin zu den Grenzen des Wissens gehört unter anderem auch ein Duplikat des Klimaglobus, der am DKRZ auf Basis des Omniglobe-Systems und eigener Visualisierungen entwickelt wurde. 2013 macht der neue Science Tunnel Station in vielen Städten Europas und Asiens.

Weblink:
<http://maths-simpleclimatemodel-dev.maths.monash.edu/overview.html>

<http://www.sciencetunnel3.de/>

Zahlen, Daten, Fakten

Das World Data Centre for Climate (WDCC) am DKRZ ermöglicht die Langzeitarchivierung von Klimadaten und gewährt den weltweiten Zugang dazu. Im Jahr 2013 haben sich Wissenschaftler aus aller Welt durchschnittlich

37

Terabyte Daten pro Monat heruntergeladen – das entspricht 182.000 Dateien mit einer durchschnittlichen Größe von 200 Megabyte. Maximalwerte wurden im September 2013 mit einem Datenvolumen von 96 Terabyte erreicht.

Das DKRZ-Team wuchs in den Jahren 2012 und 2013 um 12 weitere Mitarbeiter auf insgesamt 69 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen an.

69

Der Hochleistungsrechner Blizzard des DKRZ steht grundsätzlich rund um die Uhr den Wissenschaftlern zur Verfügung. 2012 und 2013 war Blizzard zu rund 91% ausgelastet. Rechnet man Wartungszeiten oder technisch bedingten Ausfällen heraus, erreicht die Auslastung hervorragende Werte von 93,9% für 2012 bzw.

95,6

% für 2013.

Das DKRZ veröffentlicht etwa viermal jährlich DKRZ-Mitteilungen, um über aktuelle Aktivitäten zu berichten. 2012 bezogen 145 Personen, 2013 sogar 172 den Newsletter.

145

Das DKRZ bietet interessierten Gruppen, wie z.B. Schulklassen an, sich persönlich bei einem Besuch am DKRZ über Klimasimulationen und über unsere Hochleistungsrechnersysteme zu informieren und diese zu besichtigen. Von 2012 bis 2013 nutzten insgesamt etwa 80 Gruppen dieses Angebot, was jährlich etwa

1.000

Besuchern entspricht. Die Klimadatenbank CERA innerhalb des WDCC ist von 2012 bis 2013 von 1.000 Terabyte auf

1.700

Terabyte angewachsen.

Nutzen 2012 noch

1.860

Wissenschaftler die Dienste des DKRZ, so nahm die Anzahl 2013 auf

2.047

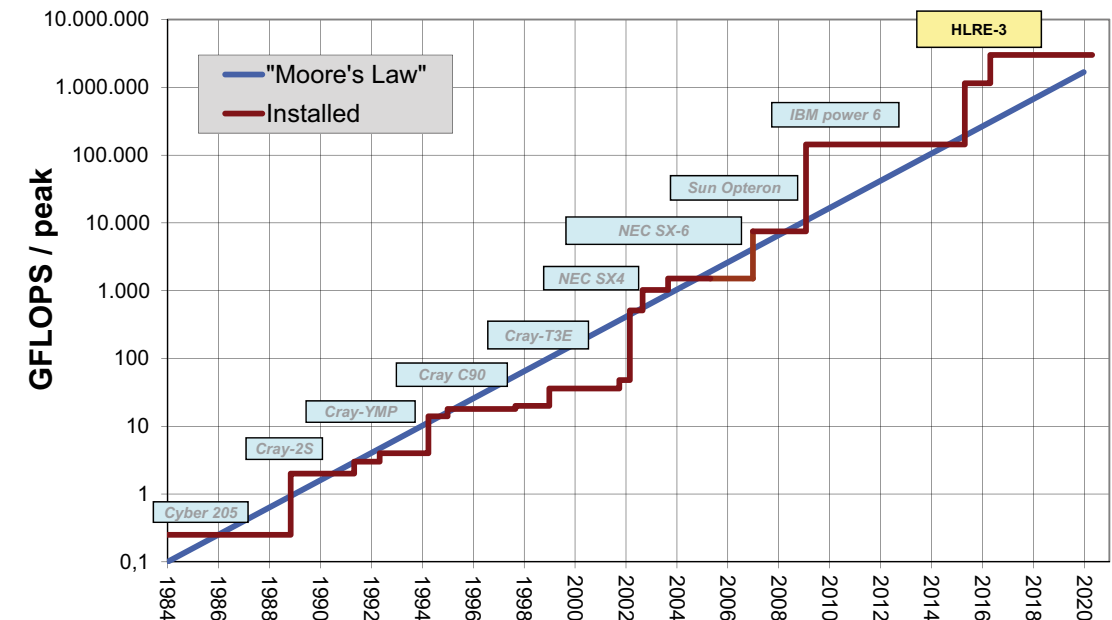
zu.

Die große weltweite Nutzung des WDCC dokumentieren nicht nur die steigenden Downloadzahlen, sondern auch stetig anwachsende Nutzerzahlen. 2013 nahmen

5.310

Wissenschaftler

von sieben Kontinenten die WDCC-Datendienste in Anspruch, davon kamen über die Hälfte aus Europa, gefolgt von Nutzern aus Nordamerika und Asien.



HLRE-3: Neuer Supercomputer im April 2015

Im Frühjahr 2015 wird das „Hochleistungsrechnersystem für die Erdsystemforschung II“, kurz HLRE-II, nach sechs Betriebsjahren abgelöst. Nach einer EU-weiten Ausschreibung hat das DKRZ der französischen Firma Bull den Zuschlag erteilt, die Hochleistungsrechnerkomponente und das Festplattensystem für das neue Gesamtsystem HLRE-3 zu liefern. Eine erste Stufe soll bereits im zweiten Quartal 2015 betriebsbereit sein und etwa die sechsfache Leistung des Supercomputers „blizzard“ liefern. Genau ein Jahr später wird das System mit Fertigstellung der zweiten Ausbaustufe etwa den zwanzigfachen Durchsatz gegenüber HLRE-II erreichen – bei etwa gleichem Stromverbrauch. Um diese deutliche Leistungssteigerung zu erreichen, sind

für die zweite Stufe mehr als 60.000 Prozessorkerne erforderlich, die alle über ein Hochleistungsnetzwerk verbunden sind. Das dazugehörige neue parallele Festplattensystem wird mit zunächst 15 PB nutzbarer Kapazität das Zweieinhalbfache und ein Jahr später mit 45 PB sogar etwa das Siebenfache des heutigen Plattenplatzes anbieten. Ausschreibungen für entsprechende Aufrüstungen des HSM-Systems (hierarchisches Datenmanagement) und des Magnetbandarchivs erfolgen separat. Zur Erhöhung der Ausfallsicherheit und Verbesserung der Energieeffizienz werden zudem umfangreiche Anpassungen und Erweiterungen der Rechnerraum-Infrastruktur vorgenommen.

Impressum

Herausgeber

Deutsches Klimarechenzentrum GmbH
Bundesstraße 45a
20146 Hamburg

www.dkrz.de
info@dkrz.de

Konzept und Koordination

Michael Böttinger, Jana Meyer
Öffentlichkeitsarbeit DKRZ

Text und Redaktion

Michael Böttinger, Jana Meyer auf Basis von Textbeiträgen der DKRZ-Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, insbesondere von (alphabetisch sortiert):

Jörg Behrens, Dr. Joachim Biercamp, Michael Böttinger, Carsten Ehbrecht, Dr. Kerstin Fieg, Ulf Garternicht, Dr. Ksenia Gorges, Dr. Ilse Hamann, Heinke Höck, Thomas Jahns, Dr. Stephan Kindermann, Dr. Michael Lautenschlager, Dr. Stephanie Legutke, Jana Meyer, Dr. Torsten Rathmann, Dr. Martina Stockhause, Hannes Thiemann, Dr. Frank Toussaint, Gerald Vogt, Tobias Weigel

Gestaltung

Gerrit Horwege, Jeran und Horwege Design GbR
www.j-h-design.de

Druck

LASERLINE Digitales Druckzentrum Bucec & Co. Berlin KG
www.laser-line.de

Bildnachweis

© vege/Fotolia.com (S. 18), Holger Pohlmann / MPI-M (S. 34, Abb. 1, S. 45 Abb. 4), Stevens et al., HD(CP)² Proposal (S. 38), Braun / Nixdorf Museumsforum (S. 55), DKRZ (alle weiteren Fotos und Grafiken)

Klimaneutral gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier

