

Auf dem Weg zu einem globalen Erdsimulationszentrum



**Leitlinien für die erfolgreiche Umgestaltung der Gesellschaft in einer Zeit des
raschen Klimawandels und der Zunahme von Naturkatastrophen**

Der Schlüssel zur Lösung von Problemen der Wissenschaft bei Wetter-, Klima- und Umweltvorhersagen liegt in der Hochleistungsdatenverarbeitung. Die Natur kann nur aus den Gleichungen genau beschrieben und berechnet werden, welche die komplexen, nichtlinearen Wechselwirkungen zwischen multiplen natürlichen Systemen, d.h. Flüssen, Seen, Meeren, Bergen, Wäldern, Staub, Verunreinigung, Wolkenbedeckung, Schneebedeckung, Eis, Polargebieten usw. berücksichtigen. Solche Bewegungsgleichungen sind derart miteinander verbunden und verwoben, dass sie nur bewältigt werden können, wenn es möglich ist, alle Faktoren zu speichern und simultan zu verarbeiten. Nur dann können wir anfangen, die systemischen Risiken im Zusammenhang mit Naturkatastrophen und planetarem Wandel anzugehen.

- Bob Bishop, Gründer & Präsident der ICES Foundation

Da sich unser vertrautes Klima verändert, müssen wir stärker auf rechenintensive integrierte Simulationen des Erdsystems vertrauen, um die möglichen zukünftigen Wege unseres neuen Planeten zu verfolgen.

- Larry Smarr, Gründer und Direktor des California Institute of Telecommunications and Information Technology

Umfang und Vision der ICES Foundation

Unsere Vision ist es, ein *internationales Ressourcen-Zentrum* für die Simulation des dynamischen Systems Erde als Ganzes aufzubauen. Wir haben damit begonnen, eine Drehscheibe für *globale Innovation und gesellschaftlichen Nutzen* aus der Verbindung eines tiefen wissenschaftlichen Verständnisses mit fortschrittlichen Modellierungs-, Simulations- und Visualisierungstechnologien zu entwickeln.



Dazu werden wir:

- 1) einen der weltweit schnellsten Supercomputer installieren und fortwährend verbessern;
- 2) die numerischen Modelle für die verschiedenen dynamischen natürlichen Subsysteme des Planeten weiterentwickeln;
- 3) Datensätze von regionalen und nationalen Forschungspartnern assimilieren und synthetisieren;
- 4) Satelliten- und vor Ort-Daten mit wissenschaftlichen Modellen der Geowissenschaften abgleichen;
- 5) nützliche Simulationsergebnisse und interaktive Visualisierungen an unsere Partnernetzwerke zurückvermitteln;
- 6) Unterstützung für Entwicklungsländer bieten, die nicht selbst über die notwendigen Ressourcen verfügen;
- 7) eine Schulungsumgebung für Fachwissenschaftler bei der Spezialisierung auf das Earth Systems Modelling aufbauen.

Inhalt

I.	Kurzzusammenfassung	1
II.	Eine Kette von Katastrophen	2
III.	Jetzt ist es Zeit	3

a.	Geschäftsnutzen durch ICES	15
b.	Das ICES Netzwerk der Teilnehmer	16
c.	Schulung einer Legion von integrativen Denkern	17
VII.	Warum wir eine Nichtregierungsorganisation benötigen	18
a.	Eine Lektion aus der privaten Raumfahrtindustrie	19
b.	Unser Modell für die Öffentlich- Private Partnerschaft	19
VIII.	Wie ICES finanzielle Nachhaltigkeit erreichen wird	20
IX.	Was Sie dazu beitragen können	20
X.	ICES Vorstand, Fachausschuss und Berater	21
XI.	Bildnachweis	22

Kurzzusammenfassung

Im 21. Jahrhundert sieht sich die Menschheit mit dem größten Zusammentreffen von globalen Herausforderungen unserer Geschichte konfrontiert - *dem Problem, im Gleichgewicht mit unserer sich schnell verändernden Erde zu leben*. Die Gesellschaft setzt sich mit den vielfältigen Herausforderungen des Klimawandels, Ressourcenverbrauchs, wirtschaftlicher Entwicklung und sozialer Sicherheit auseinander. Daher wird heute mehr als je zuvor eine Fähigkeit zur Führung benötigt, um die Aufgaben des Verständnisses für die Komplexität der Erde und ihrer vielen gekoppelten Systeme frontal anzugehen.

Politische Entscheidungsträger, Städteplaner, Ersteinsatzkräfte und Wissenschaftler benötigen die kompetente Hilfe eines hochentwickelten *Erdsimulationszentrums, das in der Lage ist, auf globaler Ebene zu arbeiten*. Ein solches Zentrum würde die Analyse des globalen Klimas und der Umwelt unterstützen und politische Leitlinien für künftige große Shocks und Notsituationen liefern. Es würde die *regionalen und nationalen Planungs- und Prognosefähigkeiten durch ein umfassendes Gesamtbild ergänzen*. Als solches wäre es ein Werkzeug von unschätzbarem Wert, um die wissenschaftlich fundierte Entscheidungsfindung auf der ganzen Welt zu verbessern.

Wir haben die Vision, dass ein solches Zentrum die spezialisierte Fähigkeit eines Hochleistungsrechenzentrums und des fachmännischen technischen und wissenschaftlichen Personals kombinieren wird. Das Zentrum wird in der Lage sein, alle verfügbaren Daten über den *dynamischen Zustand des Planeten* zu assimilieren, um Risikoanalysen für die menschliche Sicherheit zu bieten. Es wird sich stark mit lokalen, nationalen und regionalen Einrichtungen vernetzen und auf die verschiedenen Citizen Science-Netzwerke (*etwa: wissenschaftliche Netzwerke unter Beteiligung der Bürger*), die seit Kurzem an Bedeutung gewinnen, zugreifen.

Nach seiner Fertigstellung wird dieses **Internationale Erdsimulationszentrum** als öffentlich-private Partnerschaft nachhaltig finanziert sein und eng mit Regierungsstellen, internationalen NGOs und privaten Unternehmen zusammenarbeiten. Dies wird dazu beitragen umfassende Einsichten in den planetaren Wandel zu gewinnen. Betriebliche Einnahmen werden durch professionelle Serviceverträge, Patentverwertung und Vermietung von Rechenzeiten erzielt. Zudem wird das Zentrum Sachleistungen von Partnerorganisationen (wie z.B. ...) erhalten.

Die **International Centre for Earth Simulation (ICES) Foundation (Stiftung Internationales Zentrum für Erdsimulation)** mit ihrem Vorstand, Fachausschuss und begleitender Webseite ist bereits gegründet und bereit, mit der Entgegennahme und



Eine Kette von Katastrophen

Wenn Sie heute eine Zeitung öffnen, werden Sie wahrscheinlich erfahren, dass ein weiteres Erdbeben (Erdbeben gehören nicht hin, wenn es um Klimawandel geht!) irgendwo auf der Welt zugeschlagen hat, dass bedrohliche Waldbrände wertvolle Wälder vernichten und außer Kontrolle sind, oder dass ein neues „Jahrhundertunwetter“ eine Region überschwemmt, was zu Sturzfluten und Erdstößen führt. Ereignisse wie diese sind in diesem Jahrhundert aufgrund natürlicher Variationen und den Auswirkungen unserer vordringenden Zivilisation, veränderter Landschaften, wachsender Industrialisierung und globaler Erwärmung eher wahrscheinlich.

Tatsächlich können wir erwarten, dass diese Ereignisse in der Zukunft größere Auswirkungen als in der Vergangenheit haben werden. Früher konnten kleinere und widerstandsfähigere Regionenschädliche Auswirkungen eher vermeiden, wenn die Katastrophe kam. Heute ist das nicht mehr möglich, denn in einer stark urbanisierten Welt mit Megastädten und einer Weltbevölkerung, die sich vor allem entlang von Küsten, Wasserstraßen und geologischen Störungszonen ansiedelt, hat sich die Verteilung des Risikos grundlegend geändert.

Ein kurzer Überblick über die letzten zehn Jahre reicht aus, um Alarm zu schlagen: Erdbeben in Haiti, Italien, der Türkei, Chile, Neuseeland und Japan, Tsunamis im Indischen und Pazifischen Ozean, die Reaktorkernschmelze von Fukushima, Tornados über den zentralen und südlichen Vereinigten Staaten, Waldbrände in Australien, Kalifornien, Chile und Europa; mehrjährige Dürren im Südwesten der USA, Mexiko und am Horn von Afrika, Hitzewellen in Russland und Europa, massive Überschwemmungen in Asien und Lateinamerika, Unterbrechung des internationalen Reiseverkehrs durch isländische und chilenische Vulkane, die Liste lässt sich fortsetzen.

In der Tat haben wir in der letzten Zeit eine Kette von Katastrophen erlebt, die weder akkurat vorhergesagt noch in ihrer Schwerkraft eingeschätzt wurden – vor allem wegen der begrenzten verfügbaren Prognosewerkzeuge und unseres begrenzten Verständnisses dafür, wie in der Natur die verschiedenen Systeme im Einklang arbeiten. Aber die Häufigkeit solcher Ereignisse wird in den kommenden Jahrzehnten wahrscheinlich ansteigen. Und ein Anstieg des Meeresspiegels wird diese Situation in andere Bereiche hinein verschärfen.

Die Herausforderungen, die mit der Bewältigung von Naturkatastrophen verbunden sind, werden durch die Intensivierung der menschlichen Aktivitäten und deren Auswirkungen auf den Planeten verschärft. Die Grundwasservorräte werden ebenso knapp, wie die Anforderungen an die Nahrungsmittelproduktion und -verarbeitung steigen. Entwaldung und Stadtentwicklung beeinflussen die Kreisläufe von Wasser, Nährstoffen und Energie und führen zu Störungen des natürlichen Gleichgewichts, das vor der Industrialisierung über Jahrtausende stabil war.

Die Notwendigkeit detaillierter Kenntnisse über die globalen Veränderungen war nie größer. ICES wird sich dieser Notwendigkeit für eine bessere und integrierte Informations-, Analyse- und Simulationspolitik im Umgang mit der schwierigen Aufgabe der Entscheidungsfindung in diesen komplexen und zunehmend turbulenten Zeiten annehmen.

Jetzt ist es Zeit

Wir stehen an der Schnittstelle von Möglichkeiten. Gerade wenn das Bedürfnis nach Synthese am größten ist, liegen die wesentlichen Elemente, die leistungsstarke neue Erkenntnisse und Durchbrüche bringen könnten, in greifbarer Nähe. In den letzten Jahrzehnten wurden durch die Entwicklung innovativer *neuer Werkzeuge und Sensor-Netzwerke* die Stärken von spezialisierten disziplinären Fachgebieten, z. B. der Geophysik, Umweltforschung und der Gesundheitsvorsorge miteinander verwoben. Darüber hinaus gab es riesige Sprünge in der Computerentwicklung. Mathematische Modellierung, Daten-sammelungs- und analysenmethoden ermöglichten vielen Forschungsgruppen weltweit numerische Simulationen zu komplexen Prozessen in ihren jeweiligen Bereichen mit immer höherer Genauigkeit. Und doch wird der Gipfel dieser Technologien derzeit nicht für die Untersuchung systemischer Gefahren der globalen Veränderungen angewandt. Supercomputer wurden bisher vor allem für den industriell-militärischen Komplexeingesetzt, während die von allen größten Bedrohungen für die Zivilisation, nämlich Klimawandel, Naturkatastrophen, Umwelt-Ver-schmutzung, ökologischer Kollaps zusammen mit der Wahrscheinlichkeit von gesellschaftlichem Chaos nicht die Mittel erhalten, die eine solche Zwangslage verlangt. Ein kurzer Blick auf die *Top 500 Supercomputer Standorte* weltweit zeigt, dass keines

beginnen. Ein solches Zentrum würde keine bestehenden nationalen Klimazentren ersetzen. Vielmehr würde es ihnen erlauben, die Art von Experimenten durchzuführen, die derzeit nicht möglich sind.

- Tim Palmer, Präsident, Royal Meteorological Society

der Grundlage von Simulationen innerhalb des industriellen militärischen Luft- und RaumfahrtKomplexes wurde in den letzten Jahrzehnten auch innerhalb der verarbeitenden Industrie als Pla-nungs- und Entwicklungstool sehr gut deutlich. Nun ist es an der Zeit eine solche Anlage im Großmaßstab zur Bewältigung der schwierigsten Simulation - dem gesamten System Erde - aufzubauen.

Globale Wissenssynthese

Die letzten zwei Jahrhunderte sind durch Spezialisierung und Zersplitterung des Wissens gekennzeichnet. Heute befassen sich fast 100 Forschungsfelder mit verschiedenen Aspekten unseres Systems *Erde* - jedes mit eigenen akademischen Abteilungen, Leitungs- und Revisions-Vorgängen, Fachzeitschriften und Forschungskonferenzen.

Forscher, Wissenschaftler und Regierungsvertreter müssen viele Hindernisse überwinden, um über Entwicklungen in benachbarten Feldern auf dem Laufenden zu bleiben. Erkenntnisse werden oft durch parallele Kanäle und Speicher geschleust, und sehr wenige große Institutionen konzentrieren sich auf die

Es gab jedoch einen früheren Versuch von Japan, diese Lücke mit seinem Yokohama Earth Simulator zu füllen. Im Jahr 2002 gestartet ist er bis heute aktiv. Es war ein grossartiger erster Versuch, mit Hilfe des leistungsfähigsten Supercomputers der Zeit (ein NEC SX-6) mit dem Einsatz seiner gesamten Kapazität für die globale Dynamik Geschichte zu schreiben. Obwohl dieser Computer im Jahr 2009 in seiner Leistung um den Faktor 3 aktualisiert wurde, fiel er doch in der November-Ausgabe 2011 der Top500 Supercomputer Sites auf die 94. Position zurück und kämpft darum, in einer Zeit schwieriger staatlicher Finanzierungsprobleme wettbewerbsfähig zu bleiben; ein Thema, auf das wir in diesem Dokument später zurückgreifen.

An dieser Stelle sollten wir darauf hinweisen, dass *Wissenssynthese* mehr als die Summe der vorhandenen Fragmente von Wissen bedeutet. Sogenannte „Randeffekte“, die an den Grenzen der Wissensbereiche gefunden werden, sind fruchtbarer Boden für bahnbrechende Einsichten und neue Entdeckungen. Es gibt viel mehr über die Komplexität des gesamten Ökosystem der Erde zu lernen, als wir heute begreifen, was aber erst durch die Anwendung der fortgeschrittenen Modellierungsmethoden, verbesserter Rechenleistung und umfangreicher Bemühungen zur Integration der verschiedenen Geo-Wissenschaften enthüllt werden kann.

ICES wird diese *globale Plattform für Wissensintegration und Synthese* bereitstellen und helfen, starke

rungsorganisationen und Citizen Science -Gruppen auf der ganzen Welt zu fördern.



YokohamaErdsimulator

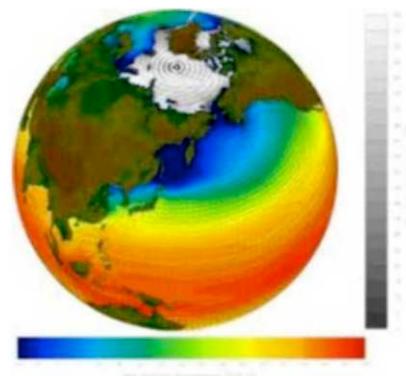
robuster Ansatz für die Untersuchung komplexer dynamischer Systeme in der Industrie und wissenschaftlichen Forschung bewährt. Sie bietet eine leistungsstarke Erweiterung jenseits von dem, was theoretische und experimentelle Methoden allein zu liefern in der Lage sind. Simulationen werden nun allgemein verwendet, um die Zeit-Evolution komplexer Systeme zu erforschen, wenn Experimente nicht durchführbar sind oder in vielen Fällen einfach nicht sicher sind.

Die Entstehung von Galaxien, Sonnensystemen, Sternen und Planeten zum Beispiel kann nicht experimentell untersucht werden, da solche Systeme in räumlicher Form und zeitlichen

Trotz großer Fortschritte in der Klimamodellierung und Leistungsfähigkeit von Hochleistungscomputern in den letzten 30 Jahren wird unsere Fähigkeit, robuste Schätzungen der Risikoparameter für die Gesellschaft vor allem bei der möglichen katastrophalen Veränderungen im regionalen Klimabereich zu bieten durch Einschränkungen in Rechenleistung und wissenschaftlichem Verständnis begrenzt.

reichen mit einer Erfolgsbilanz für die Zusammenführung vertieften Hintergrundwissens aus verschiedenen Bereichen.

Numerische Modelle könnten zum Beispiel dazu verwendet werden, die kombinierte Wirkung von globaler Erwärmung, Bodenerosion und Belastungsverschiebung als mögliche Auslösung für Erdbeben zu prüfen. Solche schwer lösbaren Themen wie die Vorhersage von



Erdbeben würden von der umfassenden Integration von diesen drei oder mehr Prozessen in einem einzigen Modell profitieren. *Unser Punkt ist, dass die Modellierung, Simulation und Visualisierung die methodische Plattform zu wichtigen Fortschritten in schwierigen Bereichen bietet.*

Wir sind tatsächlich davon überzeugt, dass *simulations-basierte Forschung und Entwicklung als eine integrierende Plattform für alle Geowissenschaften verwendet werden kann.* Durch den Aufbau und Unterhalt eines hochmodernen wissenschaftlichen Supercomputer- und Simulationszentrums, das ausreichend mit dem Rest der Welt vernetzt ist und kontinuierlich die unterschiedlichen Datensätze bei

Analyse und einem Vorhersagezentrum mit globalen Fähigkeiten.

Ein weiterer Punkt sollte betont werden: wegen seines Status als Nicht-Regierungsorganisation wird ICES nicht mit bestehenden Forschungszentren bei ihren Bemühungen um nationale staatliche Mittel konkurrieren. Auch wird ICES nicht versuchen, ihre diversen Datenerhebungen zu kopieren. Unsere Rolle besteht darin zu integrieren und zu synthetisieren, was bereits bekannt ist, um Modelle der nächsten Generationen als Modelle *des Ganzheitssystems Erde* zu konstruieren und die *nächste Generation von ganzheitlichen Denkern und Politikern auszubilden*. Wir werden als Forschungseinrichtung, Rechenressource und Wissensbank agieren, *die lokale, nationale und regionale Anstrengungen im globalen Maßstab voranbringen*.

**- Jagadish Shukla, President,
Institute of Global Environment and
Society**

Fortschritte in der Hochleistungs- Datenverarbeitung

Im Sinne des Mooreschen Gesetzes wird durch den technologischen Fortschritt in der Halbleiterindustrie in jedem Jahrzehnt bei den Computern eine 1000-fache Verbesserung im Preis-/ Leistungsverhältnis erreicht. Das heißt, die leistungsfähigsten Computer sind heute eine Million Mal stärker als die besten Computer, die vor 20 Jahren gebaut wurden.

Die heutigen Top-Computer erreichen eine Multi-Petaflop-Leistung¹ - sie können Billionen von Berechnungen pro Sekunde durchführen, und diese Rechenleistung hat eine Reihe von bisher unlösbaren Problemen in Reichweite der aktuellen numerischen Modellierungs- und Simulationstechniken gebracht.

Die komplexe Dynamik von Ökosystemen, atmosphärischer und ozeanischer Zirkulation und viele der

komplexen Aggregationsprozesse, die z. B. bei der Bildung von Galaxien, Sternen und Planeten beteiligt sind, wurden an heutigen Hochleistungs-Computern erfolgreich simuliert.

Hochleistungs-EDV-Einrichtungen sind jedoch sehr teuer, und nur wenige Regierungen können es sich leisten, in Infrastruktur und Know-how zu investieren, die notwendig sind, um Simulationen der Erde im globalen Maßstab durchzuführen. Die USA, Japan, China, Deutschland, Frankreich, Großbritannien sind hier ausgenommen, -aber die Komplexität der globalen Simulation ist so groß, dass selbst diese staatlichen Bemühungen sehr in ihrem Umfang begrenzt sind.

Wir glauben fest daran, dass der einzige Weg, um vorwärts zu kommen, und zum Verständnis und einer erfolgreichen global angelegten Vorhersage des Systems Erde und seiner ökologischen Bedrohungen

¹ Ein Petaflop entspricht 10 hoch 15, oder 1000 Billionen Fließkomma-Operationen pro Sekunde.

darin besteht, Ressourcen global zu bündeln, und bei diesen Bemühungen auch über nationale Grenzen hinweg zusammenzuarbeiten.

So wie das CERN anfänglich zu teuer war und über die Haushalts- und Know-how-Möglichkeiten der einzelnen nationalen Regierung hinausging, um es aufzubauen und zu unterhalten, besteht die gleiche *raison detre* für einen global errichteten Erdsimulator, der in der Lage ist, auf dem Gipfel der Technologieentwicklung zu bleiben und als *Meta-Knoten* eines globalen

Kapazitäten ergänzt, welche derzeit aufgenährt worden. Heute ist ein lokaler, nationaler und regionaler Ebene Internet-Zugang im Wesentlichen für vorhanden sind, ein Zentrum, das mit alle verfügbar. Als Folge haben davon freiem Zugang zu gemeinnützigen viele Datenströme in wahrhaft astrophysikalischem Maßstab in dieser Bedrohungen durch Klimadestabilisierung, Gemeinschaft von Nutzern ökologische Katastrophen und angenommen - mit Speichern und Erschöpfung der Ressourcen fordern Verteilen von Peta-bytes² und sogar *sicherlich die beste Antwort, die wir als Exabytes³ an Daten pro Jahr.* *eine wohlhabende Zivilisation aufbringen können.*

Werte schaffen aus Massiven Daten-Pools

Hervorgegangen aus diesem datenintensiven Umfeld ist die Wissenschaft der *großen Datenanalyse*, das heißt, die Praxis der Nutzung riesige Datenmengen zur

unserer Modellierungs- und Simulationsversuche benötigen. Zu diesem Zweck unterstützen wir nachdrücklich die Bemühungen aller nationalen Regierungen zum Aufbau von Portalen, die für ihre Datenarchive offenen Zugang und freie Verfügbarkeit ermöglichen.

² Ein Petabyte entspricht 10 hoch 15 Byte.

³ Ein Exabyte entspricht 10 hoch 18 Byte.

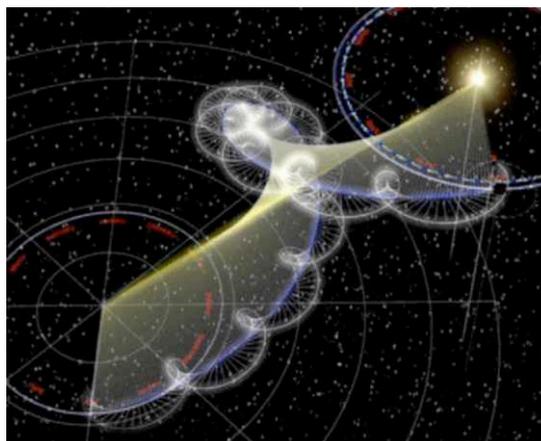
le Daten. 50% Verbesserung der Prognosegenauigkeit würden diese Kosten um \$ 50.000.000 senken, sofern sie rechtzeitig durchgeführt werden, genug, um die Kosten von vielen Hochleistungsrechenoperationen schon mit einem einzigen Ereignis hereinzuholen, und noch wichtiger, dabei Leben zu retten. Die wirtschaftlichen Auswirkungen dieses Szenarios machen ICES zu einer in hohem Maße wünschenswerten Investition.

Neben der großen Datenanalyse wird ICES auch High Performance Computing (HPC) - Beratung und Rechenzyklen in Entwicklungsländer und Regionen liefern, die nicht selbst über die notwendigen Ressourcen verfügen - 25% unseres gesamten Rechenleistung gehen an weniger entwickelte Länder, die sich keine eigenen Forschungseinrichtungen leisten können.

Interaktive und immersive 3D-

Die Verwendung von Daten im globalen verblasst im Vergleich zu den Bereich deutet tatsächlich schon auf Schäden, die durch unvorhergesehene wesentliche Verbesserungen bei der Vor- Wetterereignisse eintreten. hersage von extremen Wetterbedingungen Verbesserungen bei Prognosen für vor Ort hin. Unwetter sind auf vielen Sturmverläufe haben einen schnellen Gebieten der Welt verheerend und return-on-investment, aber sie verursachen hohe Kosten für Leib und benötigen Zugriff auf den Leben. Der Preis für eine genauere Wet- vollständigen Umfang der Welt Daten, termodellierung und Vorhersagefähigkeit nicht nur auf loka-

wichtiger Vorteil für die auf der Visualisierung basierende Analyse ist, dass Computer- Simulationsergebnisse in Form mehrerer Schichten von Daten für jeden Zeitschritt bei der Eingabe eines Vorgangs dargestellt werden. Obwohl die zugrunde liegende Physik und Chemie immer durch die Brachialgewalt von numerischen Berechnungen kalkuliert werden muss, ermöglicht die visuelle Darstellung es dem menschlichen Geist fundamentale Prozesse der Natur schneller und tiefer zu verstehen.



„SimCity“ und „Second Life“ ist ein wesentlicher Bestandteil für ein sinnvolles Engagement heute und schult im Ergebnis Millionen von jungen Spielern. Ebenso glauben wir, dass, die Kombination von wissenschaftlichen Simulationsen und fotorealistischen Bildern in den Geowissenschaften eine größere Gemeinschaft dazu ermutigt, die Dynamik der Erde in einer Weise zu erforschen, die über das hinausgeht, was heute möglich ist. Wir alle verstehen, dass Sehen und Glauben zusammen gehören und dass in diesem Fall „Glauben“ die Tür zu einem breiten und konstruktiven Engagement öffnet!

Gründe wie diese haben in den letzten Jahrzehnten visuelle Simulation zum Einsatz als routinemäßige professionelle Trainingsgeräte geführt - die vom Flugsimulator für Piloten bis zur chirurgischen Simulation von Fachärzten

die Möglichkeit erhalten, ihre Risiken zu minimieren und potenziell katastrophale Schäden durch die Möglichkeiten der virtuellen Welt zum Nulltarif und ohne schädliche Auswirkungen vermeiden.

Nutzung des Computing-Mehrstufenmodells

Supercomputing gilt als Spitzenstufe der Möglichkeit von Computerleistungen, und natürlich wird ICES umfangreichen Gebrauch davon machen, um seine Mission zu erfüllen. Dennoch gibt es eine Hierarchie in der Computerleistung bis zu dieser Stufe, von denen jede für unsere Operationen relevant ist.

Die nächste Stufe unter dem Supercomputing ist das Grid Computing, bei denen mehrere Computer mit geringerer Leistung miteinander vernetzt werden, und die Überlagerung der Software-Architektur es den Benutzern ermöglicht, ihre Arbeit in mehrere Segmente aufzuspalten und über das verteilte Computernetzwerk durchzuführen.

Wenn das Computernetzwerk für den Einsatz „dosiert“ und die verschiedenen Kosten für die einzelnen Benutzer berechnet werden können, wird es oft als *Cloud Computing* bezeichnet. Jüngste Fortschritte in der ‚Virtualisierung‘ und dem Zugriff auf die Datenbanken haben zu der weit verbreiteten Übernahme von *Cloud*

Grid Computing oder *Cloud Computing* wird gut funktionieren, wenn die vorhandenen Berechnungen keine intensive Kommunikation zwischen den verstreuten

Softwaresegmenten erfordern, jedoch werden bei diesen Methoden massive Engpässe auftreten, wenn Verbindungen über das Netzwerk zu intensiv werden.

In einer komplexen Welt, in der divergierende Interessen im Wettbewerb stehen, sind einfache Lösungen nicht erfolgreich und in der realen Welt wahrscheinlich nicht umsetzbar.

**- Martin Beniston, Direktor,
Institut für Umweltwissenschaften,
Universität Genf**

Der Versuch, die Vielzahl von parallelen und gleichzeitigen physikalischen Prozessen in einer vollständigen *Erdsimulation* zu berechnen, wird offensichtlich unter solchen Latenzeffekten leiden, und durch die Engpässe wird die Verfügbarkeit der Endergebnisse negativ beeinflusst. Von daher ist *Grid Computing* für *zeitkritische Simulationen im Vergleich zu einem einzigen konsolidierten System gleichbleibender Stärke, wie es das Supercomputing kennzeichnet, weniger geeignet.*

Auf einer Stufe unterhalb des *Cloud Computing* haben wir das Internet

und die als *Zugangsgeräte* zum Herunterladen von Daten von der „Wolke“ oder zum Senden von Daten an sie anzusehen sind.

Es ist die Absicht von ICES, die Hierarchieebene beim Computing einzusetzen, die am besten funktioniert, und das für jede seiner Software-Entwicklungsbestandteile von Fall zu Fall zu entscheiden. Wenn es allerdings um Modellierungen, Simulation und Visualisierung der komplexesten globalen Herausforderungen geht, besteht kein Zweifel, dass *Kommunikationserwägungen zwischen den verschiedenen Betriebsbereichen die Arbeit auf einem zentralen Supercomputer erfordert. Dieser ist voll einsetzbar und in der Lage, Ergebnisse mit hoher Auflösung in einem nutzbaren Zeitrahmen zu produzieren.*

Die Ergebnisverteilung aus dem Supercomputer direkt an Kunden wird über das öffentliche Internet möglich. Manchmal jedoch wird es besser sein, dies über eine zwischengeschaltete *Computing Cloud* durchzuführen, da sie eine Pufferschicht zwischen der Kundengemeinschaft und dem Supercomputer selbst bildet.

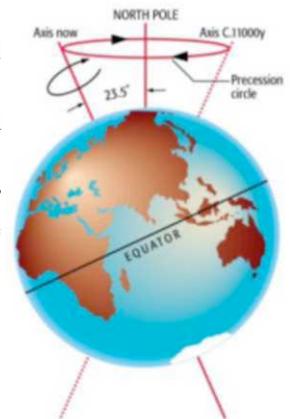
Doch unterhalb des Supercomputing gibt es auf dem heutigen Markt eine Hierarchie von Computerleistung und architektonischen Schichten, und viele spezifische Schichten davon werden wir für den zukünftigen Betrieb von

Ein kurzer Überblick über heutige Forschungsfelder zeigt das fragmentierte Bild: Die feste Erde unter unseren Füßen ist in die elementaren Schichten von Kern, Mantel, Kruste, Asthenosphäre und Lithosphäre kategorisiert. Dann werden spezielle Phänomene innerhalb dieser Schichten zu Subfeldern wie *Bruchlinien*, *Subduktionszonen*, *Geysiren* und *Gletschern*, um nur einige zu nennen. Ebenso haben wir in der Wissenschaft der Atmosphäre die elementaren Schichten der Troposphäre, Stratosphäre, Mesosphäre, Thermosphäre, Exosphäre, Ionosphäre und Plasmasphäre und dann die Anerkennung der besonderen Phänomene wie *Strahlungstransport*, *Aerosol-Chemie*, *Wolkenbildung*, *Konvektion* usw.; das ist nur eine kleine Auswahl der *komplexen Forschungsgebiete und Unterfelder, die die Untersuchung des Systems Erde heute möglich machen*.

Würden wir auch die Ozeane (die mehr als 70% der Erdoberfläche einnehmen) in Segmente aufteilen oder die biologischen Systeme der Erde auf ähnliche Weise aufsplintern, würde die Anzahl von Forschungsgebieten exponentiell explodieren und weit über hundert unabhängige, aber etwas überlappenden Bereiche erreichen. So manifestiert sich die intrinsische Komplexität der Erde durch diese Vielzahl von spezialisierten Forschungsbereichen, die konstruiert wurden, um die Feingliedrigkeit ihrer Bestandteile zu analysieren.

Doch auch dies ist noch nicht ausreichend, denn es wird noch eine weitere Dimension der Wissensorganisation benötigt, um die *zyklischen Effekte* und *zeitliche Dynamik* von bestimmten Prozessen zu beschreiben. Es gibt z. B. einen *hydrologischen Zyklus* für Wolken und Regen, Flüsse und Meere, Pflanzenatmung und Bodenerosion. *Kohlenstoff- und Stickstoffkreisläufe* verbinden die Geologie mit dem Leben - und spüren die plastischen Atome auf, die chemisch in allen Lebewesen vorhanden sind und gleichzeitig die verschiedenen Formen der Luftverschmutzung, Felsformation und atmosphärischen Treibhauseffekte verursachen. Auch andere große globale Zyklen haben *atmosphärische Kreisläufe und Jahreszeitenwandel* zur Folge. Auf einem noch größeren Maßstab haben wir die Milankovitch-Zyklen, welche die *orbitalen Parameter des Erde-Sonne-Systems* beschreiben, *wodurch Kommen und Gehen von Eiszeiten bestimmt werden*.

Um diese vielen Aspekte unserer Erde im Wandel zu verstehen -eine Voraussetzung für eine nachhaltige Zivilisation - müssen viele Fachgebiete und Unterfelder wieder zu einem integrierten Ganzen zusammengefügt werden, und *das ist die wichtigste Priorität der ICES-Mission*.



Einfluss des Sonnensystems

An dieser Stelle möchten wir darauf hinweisen, dass jede Anstrengung zur Modellierung und Simulation des *Ganzheitlichen Systems Erde die Physik der größeren kosmologischen Einflüsse* umfassen muss. *Die Erde ist kein geschlossenes System, denn sie wird ständig durch Strahlung und energiereiche Teilchen der Sonne bombardiert.* Diese Aktivität erwärmt den Planeten, speist die Photosynthese und verändert die Chemie unserer Atmosphäre.

Wie Erduntersuchungen traditionell in verschiedene Bereiche aufgeteilt werden, so geschieht es mit dem größeren Sonnensystem, in das die Erde eingebettet ist. Um die Komplexität der Veränderung unseres Planeten zu erfassen, ist es erforderlich, dass wir die Physik der relevanten kosmologischen Kräfte in alle unsere Simulationsstudien mit-einbeziehen. Aktuelle Klimamodelle, die heute im Einsatz sind, enthalten viele der dynamischen Wechselwirkungen nicht, die tatsächlich zwischen Erde und Sonne auftreten. Die Sonne wird in diesen Modellen als statische und konstante Energiequelle vereinfacht. Dies, trotz der Tatsache, dass **koronale Masseneruptionen** auf ihrer Oberfläche routinemäßig mit der oberen Atmosphäre der Erde kollidieren und interagieren und ihre Chemie sowie das magnetische Feld unterbrechen, dass alles landbasierte Leben vor tödlicher Strahlung schützt.

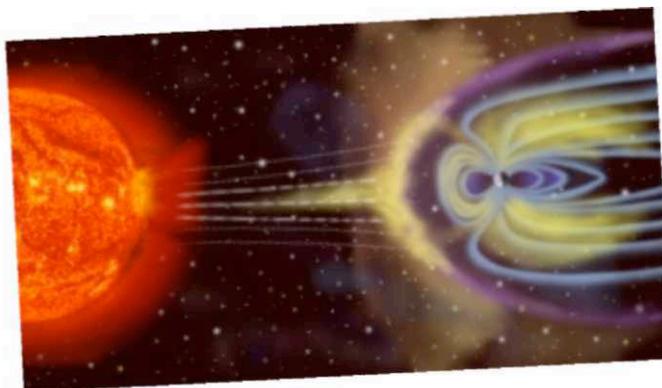
den Auswirkungen auf die Erde zu berücksichtigen, wenn wir in Zukunft genaue Prognosen erstellen wollen.

Eine Vielzahl von im Weltraum kaum identifizierten Objekten müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Tatsächlich bedroht die Verbreitung von Kometen, Asteroiden und Meteoriten in unserem Sonnensystem regelmäßig unseren Heimatplaneten; sogar der von uns selbst produzierte Weltraumschrott aus 50 Jahren nationaler Raumfahrtprogramme ist eine kontinuierliche Gefahr für alle Kommunikationssatelliten und

Eingabe zu sehr großen Veränderungen im Ergebnis führen.

Es ist auffällig, dass diese Prozesse auch diejenigen sind, die am wenigsten verstanden werden und die in den besten heutigen ComputerModellen am schlechtesten dargestellt werden.

Beim Klimawandel ist Unsicherheit **die** wichtige Frage, da die mögli-



zukünftigen Raumfahrtprojekte. Eine Theorie besagt sogar, dass die Zeit der Dinosaurier von einem massiven Asteroiden beendet wurde, der vor etwa 65 Millionen Jahren in die Spitze der Halbinsel Yucatan einschlug. Es ist klar, dass eine umfassende Studie über die Systeme der Erde erforderlich macht, alle diese Überlegungen zusammen zu bringen und eine viel größere Fülle von sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren als derzeit angenommen zu kombinieren. ICES wird deshalb die Sonnenphysik und astronomischen Phänomene in seine Modellierungen einbeziehen und sicherstellen, dass die damit verbundenen Risiken vollständig

chen Schäden des globalen Wandels ein breites Spektrum an Möglichkeiten bilden, von denen viele in ihren Auswirkungen dramatisch sind. Ein kritischer Aspekt des Klimawandels ist die Frage des *Anstiegs des Meeresspiegels*. Wenn große Eisschilde in der Antarktis und Grönland schneller schmelzen als es die derzeitigen Klimamodelle vorhersagen, wird es weltweit eine signifikante Erhöhung des Meeresspiegels geben.

Aktuelle Modellergebnisse geben eine konservative Schätzung von etwa einem Meter Anstieg des Meeresspiegels bis zum Jahr 2100. Durch die Aufnahme von nichtlinearen *Landeisrückflüssen* wird dieser wahrscheinlich weltweit um mehrere Meter steigen, mit offensichtlichen katastrophalen Auswirkungen auf die Küstenbewohner.

Die Einbeziehung aller relevanten Feedbacks in unsere Erdsystem-Modelle erfordert jedoch eine erhebliche Verbesserung in der Verfeinerung der numerischen Modelle selbst, sowie eine starke Steigerung der zugrunde liegenden Rechenleistung.

Aktuelle globale Modelle verfügen über eine horizontale Auflösungs- genauigkeit von im besten Fall etwa hundert Kilometern, während wir die Genauigkeit der Auflösung bis auf mindestens 10 km anheben müssen

der Verbesserung der Auflö- sungs- genauigkeit und der Mo- dellentwicklung im Allgemeinen verlangsamt. Diese Faktoren sind ein starkes Argument für den bald- möglichsten Bau der ICES-Anlage, dass feinkörnige atmosphärische Phänomene wie die Wolkenphysik, Konvektion und Vortizität (Wirbel- stärke) sowie Wirbelströme in den Ozeanen berücksichtigt werden. Noch komplizierter werden die heutigen Bemühungen zu einer Erdsystem- Vorhersage durch die starke Verbindung natürlicher Systeme mit unseren sozio-ökonomi- schen Systemen *-wir haben auf die harte Tour gelernt, dass die Ausbreitung von Risiken über benachbarte Bereiche mehrere synchrone Kollapse auslösen kann*: Das heißt, Störung in einem System greifen auf



benachbarte Systeme über. Ein

einer Subduktionszone am Meeresboden in der Nähe von Japan ein Erdbeben der Stärke 9,0, das mehrere Tsunamiwellen von 10 Meter Höhe oder mehr hervorrief, als sie rund 30 Minuten später die Küste in der Region Tohoku erreichten. Das Wasser ergoss sich in die immer enger zulaufenden Täler, was landeinwärts zu einer Erhöhung der Wasserwand bis auf Höhen von 40 Meter oder mehr am Ende dieser Täler führte. An der Küste selbst brachen Wellen über die Schutzwälle und überschwemmten die verschiedenen Kühlsysteme des Fukushima Daiichi Atomkraftwerks, was zum Zusammenbruch der drei Reaktoren und mehreren Explosionen führte, welche die benachbarten Dörfer erbeben ließen.

Drei Wochen später erreichten eine radioaktive Wolke und ausgelaufenes radioaktives Wasser fremde Küsten, was diesem Ereignis seine ultimativen globalen Auswirkungen gab. Mehr als 20.000 Menschen verloren ihr Leben in der Kombination von Erdbeben, Tsunamis und Kernschmelze, und mehr als 400.000 Menschen mussten



Viele der wichtigsten Maßnahmen in Bezug auf Nachhaltigkeit sind nun auf lokaler, vor allem kommunaler und bioregionaler Ebene im Gange. Es ist fast eine Binsenweisheit, zu sagen, dass ökologische Risiken unwiderruflich mit städtischen Problemen verbunden sind. Ob es sich um Wasserqualität, Luftverschmutzung, den Zugang zu einer stabilen Versorgung mit Lebensmitteln, Material oder eine zunehmend eingeschränkte Versorgung für die Industrie handelt, die Mehrheit der Lösungen wird durch Stadtverwaltungen, Regionalplaner und die ihnen angeschlossenen Institutionen vor Ort umgesetzt.

Die jüngste Katastrophe in Japan erinnert uns daran, dass die globalen Bedrohungen durch lokale Störungen auftreten. Das Gleiche gilt umgekehrt - lokale Risiken werden von großskaligen Treibern beeinflusst und eingeschränkt. Von numerischen Modellen sprechend, ist die Schlüsselfrage die *Charakterisierung der Randbedingungen*, die auf regionalem Niveau bestimmend sind und sich bei Veränderungen in der Region auf andere Gebiete auswirken.

Derzeit gibt es viele Bemühungen, um die dynamischen Verbindungen für bestimmte Bioregionen zu simulieren, wie zum Beispiel die Amazonas-Wasserscheide, wo ausgedehnte Wälder sich mit zahlreichen Wasserwegen schneiden und somit Wasser und Nährstoffe über den süd-amerikanischen Kontinent zirkulieren lassen. Bemühungen wie diese sind auf sehr detaillierte Sensor-Netzwerke angewiesen, um ausreichend genaue Daten zu sammeln und alle wichtigen physikalischen Prozesse

zu beschreiben. Dabei tragen die großen Energieströme aus atmosphärischen Kreisläufen, Ozeandurchmischung und Plattentektonik alle wesentlich zu dem bei, was vor Ort passiert.

Hier kann ICES eine entscheidende Rolle für die Städte und Bioregionen spielen, indem es die Leistung der globalen Erdsystem-Modelle bis zu dem Punkt miteinander abstimmt, wo *Downscaling* verlässlich über Randbedingungen für lokale und bioregionalen Simulationen informieren kann. Downscaling benötigt eine feinere räumliche und zeitliche Auflösung als der Einsatz von globalen Modellen, um über Maßstäbe hinweg mathematische Brücke zu bauen. Kein bis heute eingesetztes globales Klimamodell ist in der Lage, lokale Wetterlagen für raumplanerische Ziele gut genug zu charakterisieren.

Beiträge zur Modellverbesserung gehen in beide Richtungen. Globale Modelle können die Wirksamkeit von hoch auflösenden lokalen und bioregionalen Simulationen durch die Stärkung der Verbindungen zwischen den großskaligen Mustern und lokalen Grenzen erhöhen. In ähnlicher Weise können hochauflösende Daten aus lokalen und bioregionalen Sensor-Netzwerken als Eingabe verwendet werden, um globale Modelle zu trainieren. Dieser positive Kreislauf ermöglicht die Kombination von subtilen lokalen Zusammenhängen mit globalen Mustern, die auf der Gesamtsystem-Ebene entstehen.

Keines kann für sich allein erfolgreich sein. Während für die politische Umsetzung entsprechende Maßstäbe kommunaler und bioregionaler Natur wesentlich sind, sind die Informationsflüsse aus globalen Systemen für die Planung notwendig. Kontinuierliche Verbesserungen können für die Modellierungsbemühungen auf beiden Skalen durch ständigen Dialog und Zusammenarbeit erzielt werden. ICES wird eine internationale Plattform mit ausreichender Neutralität bieten, um diesen Diskurs zu beschleunigen, damit Modellverbesserungen schneller erreicht werden.

Zwei weitere Herausforderungen für die regionale Planung umfassen die gähnende Kluft zwischen kurzfristigen Wettervorhersagen und langfristiger Klima-Modellierung, sowie die Niederschlags- Prognosegenauigkeit. Diese beiden

Schwellenländern Afrikas, Asiens und Lateinamerikas emporschießen.

Städte sind beides, die Quellen des Entwicklungsdrucks, zur Schädigung der Umwelt beitragend und sie sind kulturelle Keimzellen von technologischen und sozialen Innovationen und fungieren als wirtschaftliche Motoren der Zukunft.

Ökologische Planungsprinzipien werden genutzt, um *Biomimikry* anzuwenden - Inspiration durch biologische und vitale Systeme für die Stadtentwicklung durch die Linse ökowissenschaftlicher Systeme.

Hier gelten die gleichen Grundsätze wie auf der bioregionalen Ebene. Lokale Systeme müssen die globalen Flüsse in ihre Entwicklungsmodelle integrieren. Hier kann ICES erneut eine tragende Rolle spielen.

Wenn Städte sich mit wirtschaftlichen und ökologischen Fragen

auseinandersetzen, werden sie zunehmend von dynamischer Modellierung abhängen, um Risiken zu identifizieren und Möglichkeiten aufzudecken. Stadtplaner nutzen *geografische Informationssysteme* (GIS) intensiv, um Informationsschichten zu analysieren, die sich innerhalb der gleichen Landschaft überlagern. Sie bauen oft detaillierte Datenbanken für Versorgungsnetze, Regenwasser- und Abwassersysteme, Verkehrsnetze, usw. auf, um damit Simulationen ihrer, miteinander verbundenen Systeme zu durchzuführen und „Smart-City“-Architekturen zu entwickeln. Besonders wichtig ist das Gleichgewicht zwischen urbaner Dichte und Hinterlandagrikultur, wo die ländlichen Gebiete eng mit der Stadtplanung gekoppelt sind. Auch dies ist ein Bereich, wo die Integration des Gesamtsystems von Prozessen in größerem Maßstab für synergistische Ergebnisse unerlässlich wird.

Die Auswirkungen von Landnutzungsänderungen und Wassermangel gefährden oft die Produktivität der landwirtschaftlichen Flächen. Der Konflikt ist in solchen Fällen eine wesentliche Quelle der Frustration für die Stadtentwicklung, verschärft teilweise durch den Mangel an angemessener Weitsicht und Verständnis für diese ineinander verschränkten Probleme.



Stadt- und regionale Planer würden von einem integrierten Bild der komplexen und verzahnten Probleme profitieren, um ihre Arbeit effektiver zu gestalten.

Wer gehört zu den Kunden von ICES?

Ein vielfältiges globales Portfolio von Regierungsbehörden, Nichtregierungsorganisationen, Forschungsinstituten und Unternehmen profitiert direkt von den Ergebnissen von ICES. Die ICES Foundation wurde bei jüngeren internationalen Konferenzen und Präsentationen für akademische Institutionen und Firmenforschungslabors sehr gut aufgenommen. Die vorhandene Anerkennung zeigt die Notwendigkeit einer Institution wie ICES, und bestätigt die Vorteile, die sie für eine große Gemeinschaft von internationalen Organisationen schaffen könnte. Da diese Organisationen ausserdem ihren umfassendes Wissen und ihre Wahrnehmung absorbieren und an die Öffentlichkeit weitergeben, wird die Öffentlichkeit wiederum davon profitieren.

Dr. Ghassem Asrar, Direktor des World Climate Research Programme (WCRP), und Antonio Busalacchi, Vorsitzender des gemeinsamen wissenschaftlichen Ausschusses des WCRP liefern für ICES in ihrem Unterstützungsschreiben vom 22. Dezember 2010 gute Argumente. Sie artikulieren die folgenden Vorteile für die ICES- Partnerorganisationen rund um den Globus:

- Verständnis für die Ursachen und Einschätzung der Konsequenzen von Extremereignissen seltenen Auftretens, aber mit hohen Auswirkungen in einem sich wandelnden Klima;

durch die Konsolidierung von Ressourcen mit Anbindung an ein globales Netzwerk von Zubringern. Ein solcher Akt der Konsolidierung ist für eine verbesserte Rechenleistung und Modellkomplexität notwendig, um das Niveau eines lebensfähigen, robusten und voll integrierten *Erdsimulators* zu erreichen, wie bereits beschrieben wurde. In unserem Fall jedoch sehen wir ICES eher als eine *öffentlichprivate Partnerschaft* als eine nur regierungskontrollierte Organisation.

Doch es sind jene Organisationen, die vor Ort am meisten davon profitieren würden: Die große Gemeinschaft der internationalen NGOs, die sich für die Förderung von Sicherheit, Gemeinwohl und wirtschaftlicher Entwicklung einsetzen. Diese Organisationen übernehmen eine globale Kommunikations-Infrastruktur, die für die Verbreitung der wissenschaftlichen Erkenntnisse aus den ICES-Simulationen nützlich sein werden, und sie in einer Vielzahl von lokalen Kontexten übersetzen, mit der täglichen Notwendigkeit für Risikomanagement und Risiko-Einschränkung.

Auf diese Weise wird ICES als Gemeinschaftsressource geplant, die das gesamte globale Netzwerk von Praktikern und Beteiligten auf ein neues Niveau hebt.

Geschäftsnutzen durch ICES

Viele Industrien hängen von robusten Erkenntnissen über Umweltprognosen für ihre Marktanalysen und Business-Strategien ab, wenn sie ihre Profitabilität in einer sich verändernden Welt zu erhöhen versuchen. Als solche wird die Geschäftswelt deutlich von den Ergebnissen der ICES-Simulationen profitieren.

Die Versicherungswirtschaft ist ein klassisches Beispiel, wo zunehmende Kosten von Naturkatastrophen das

Die Begründung für die Verbesserung der Vorhersagbarkeit von Naturkatastrophen ist deutlich: Versicherungen benötigen profunde Kenntnisse über die Änderungen in der Geographie der Risiken, einschließlich der dynamischen Natur der globalen Prozesse, denn sie müssen für Ansprüche durch den Verlust von Leben und Eigentum, aufkommen, zu einer Zeit wo Gesteigungs-Kosten in einer dicht besiedelten Welt stark eskalieren.

Die Implikationen für die Energieerzeugung sind ebenso deutlich. In der Vergangenheit hingen Erdölunternehmen stark von geologischen Untersuchungen ab, um die Marktanpassungsfähigkeit für die Gewinnung von Öl, Kohle und Erdgas zu beurteilen. Jetzt, da der Druck auf alternative saubere Energie täglich wächst, ist die Fähigkeit zur Vorhersage, wo die Winde wehen werden und wie viel Bewölkung zu erwarten ist, für die Schätzung der ROI für Wind- und Solarenergieinvestitionen wesentlich. In den fossilen Energie Industriebetrieben erfordert CCS (*CO₂-Abscheidung und Speicherung*) - ein

Ansatz, der für die Vermeidung der schlimmsten Auswirkungen des Klimawandels unverzichtbar werden kann - Kenntnisse über die geologischen Kräfte, um zu bestimmen, wo CO₂ - Speicherung erfolgen kann und wie lang sie wahrscheinlich auch in Zukunft sicher ist. Für die globalen Herausforderungen bei der Nahrungsmittelproduktion sind Ergebnisse

von ICES wiederum von unschätzbarem Wert. Die landwirtschaftliche Produktivität ist von Wasserversorgung, Bodenqualität und Sonnenscheindauer abhängig, ebenso die Jahr-zu-Jahr Stabilität dieser Faktoren, die alle tief in das Netz der erwähnten Zyklen, d.h. Wasser-, Kohlenstoff- und Stickstoffkreislauf, verstrickt sind. Tatsächlich starke Auswirkungen des Klimawandels sind die Veränderung der saisonalen Niederschlagsmengen und das zunehmende Potential von Überflutungen, welche Oberböden wegschleppen, oder längeren Dürreperioden und Wüstenbil-



dung ehemals produktiven Länder verursachen. Der Zugang zu global integrierter, hochauflösender Modellierung wird für Agribusiness-Unternehmen unerlässlich sein, um Lebensmittel für die geschätzten neun Milliarden Menschen, die den Planeten bis Mitte des Jahrhunderts bevölkern werden, sicherzustellen.

Wir haben bereits die Unsicherheiten der Küsten durch den Anstieg des Meeresspiegels erwähnt, Unsicherheiten, die starke Auswirkungen auf die Bewertung von nahegelegenen Immobilien haben werden. Hinzu kommen die Komplikationen aus dem Inland: Waldbrände, Sturmfluten, Erdbeben, die ernsthafte Möglichkeit einer weit verbreiteten klimabedingten Migration, die Notwendigkeit für eine bessere Simulation der Ergebnisse mit einer integrierten Perspektive wird in der Tat groß. Städteplaner, Bauunternehmen und Bauträger bilden von daher eine weitere Geschäftskategorie, die den künftigen wirtschaftlichen Wert der Landressourcen genau abschätzen müssen.

Der business case durch ICES ist somit tiefgehend und robust. Mit dem rasanten Aufstieg nachhaltigen Wirtschaftens auf der ganzen Welt - ein Trend, der höchstwahrscheinlich in absehbarer Zeit anhalten wird - ist der Wert der internationalen Forschung und politischen Leitlinienfunktion für die Demonstration dieser erforderlichen Kompetenz sowohl allgegenwärtig wie tiefgreifend.

Das Netzwerk der Beteiligten von ICES

Das Partnernetzwerk, das wir uns für ICES vorstellen, umfasst ein breites

regionales Behörden kontrolliert werden. Daher wäre eine engagierte Hochleistungs-EDV-Anlage wie die von ICES in physischer Nähe, die nach Bedarf auf global bedeutsame Ereignisse ausgerichtet werden könnte, ein großer zusätzlicher Gewinn für die WMO.

Natürlich kann die Bedeutung der WMO und ihres Netzwerks nicht überbewertet werden, da sie die Datenerhebungen und -synthesen weltweit liefert und über breite analytische und kommunikative Fähigkeiten mit einer 100-jährigen Geschichte des operativen Erfolges verfügt.

Im humanitären Bereich gibt es Gruppen wie die in Genf ansässige World Health Organisation (WHO), die Internationale Strategie zur Katastrophenvorsorge (ISDR), das Internationale Komitee vom Roten Kreuz (IKRK), das UN-Hochkommissariat für Flüchtlinge, (UNHCR) und die Weltbank.

Um mit dem globalen Wandel Schritt zu halten, werden Organisationen wie diese die Geographie des Risikos für die Bevölkerung in vielen Teilen der Welt darstellen müssen. Ihnen fehlen die Modellierungs- und Simulationsfähigkeiten, die notwendig wären, um die Möglichkeiten von Wissenschaft und Technik vollständig einzusetzen.



World Health Organization

Nature Conservancy, Global Earthquake Model und Global Carbon Project.

Solche Organisationen hängen stark von integrierter wissenschaftlicher Forschung ab, um ihre Politik zu beraten und ihre Förderer zu informieren.

ICES will durch die Bereitstellung eines global integrierten Bildes der Natur und des gesamten Systems Erde als wichtigen infrastrukturellen Bestandteil und Partner für die Unterstützung dieser Organisationen in Politik und Wissensentwicklung angesehen werden.

Trainieren einer Legion Integrativer Denker

Im Abschnitt oben haben wir die Aufmerksamkeit auf die technologischen und wissenschaftlichen Herausforderungen gelenkt, die mit den globalen Modellierungs- und Simulationsanstrengungen einhergehen. Nicht weniger wichtig ist die Notwendigkeit für Führungskräfte, diese Herausforderungen lokal, regional und national anzugehen.

ICES wird eine wesentliche Rolle bei der Sensibilisierung der Führungskräfte von morgen spielen, die eine breite Palette von Fragen formulieren und bewerten müssen, mit denen der Planet Erde als Ganzes konfrontiert ist. Wenn außerdem der Bedarf an spezialisiertem technischen und wissenschaftlichen Know-how weiter zunimmt, wird die Erkenntnis wachsen, dass für den Aufbau transdisziplinärer Kompetenz mehr Ressourcen unerlässlich sind, wenn wir uns mit der enormen Komplexität der integrativen Modellierung auf jeder Ebene auseinandersetzen



Netzwerk-Zugang für Doktoranden, postgraduierte Forscher, professionelle Wissenschaftler und Politiker geschehen - die alle tief in die in diesem Dokument an anderer Stelle (siehe Seite 9) genannten natürlichen Zyklen verstrickt sind, nämlich: den Wasserkreislauf, den Kohlenstoffkreislauf und den Stickstoffkreislauf.

Zusammenfassend wird ICES einen sofortigen Beitrag zum Aufbau integrativer Rahmenbedingungen für die Wissenschaft der Geosysteme leisten:

- mit Computer-Modellierung, Algorithmen-Entwicklung, und Großdatenanalyse,
- mit Computersystemarchitektur, Assimilation und Neubewertung von Daten,
- mit interaktiver Visualisierung von Daten- und Kommunikationstechnologien.

In künftigen Phasen wird ICES das Verständnis der Verknüpfung von sozio-ökonomischen mit geowissenschaftlichen Erkenntnissen, vor

allem in den Bereichen Gesundheit, Ernährung und Landwirtschaft, Luftverschmutzung, Nachhaltigkeit, Transportwesen und Management in der öffentlichen Politik zur Risikominimierung und Katastrophenmanagement fördern.

ICES wird Forschungseinrichtungen, Stipendienmöglichkeiten und pädagogische Werkzeuge für die steigende Zahl von Wissenschaftlern und Forschern zur Verfügung stellen, die traditionelle Wissensbarrieren überschreiten. Die Pflege dieser menschlichen Fähigkeit ist ein wichtiger Teil unserer Mission.

Warum wir eine Nichtregierungsorganisation brauchen

Die Positionierung von ICES außerhalb des öffentlichen Sektors verdient ebenfalls einen besonderen Kommentar, und im folgenden werden wir unsere Motivation erklären, da die derzeitige *Wissenschaft vom System Erde* fast ausschließlich aus Ministerien und gesponserten wissenschaftlichen Einrichtungen und Behörden besteht.

Vielleicht am deutlichsten ist dies im Fall von Japan und seinem *Yokohama Earth Simulator (Yes)* zu sehen, das, wie weiter oben bereits erwähnt, mit dem damals mächtigsten Computer als in hohem Maße wettbewerbsfähige Anlage begann. Doch glauben wir, dass er nicht in der Lage war, diese Position beizubehalten, weil er ausschließlich von der Förderung aus Mitteln der japanischen Regierung abhing. Untergebracht in der Japan Agency for Marine-Earth Science & Technology (JAMSTEC), befand sich YES innerhalb einer Struktur, die nicht speziell für global integrative grenzüberschreitende Arbeit konzipiert wurde. Beide Faktoren haben die Wirksamkeit des Versuchs beeinträchtigt.

Natürlich freuen wir uns, dass Japan die Brillanz besaß, seine Wissenschaftler zur ersten Grundlagenforschung zu führen. Doch das Ergebnis des Experiments ist ein Plädoyer für eine wirklich globale Anstrengung und macht genau das, was wir durch ICES erreichen wollen, umso deutlicher. Die Errichtung einer globalen Simulationsfähigkeit geht über die nationalen Grenzen und Budgets hinaus. Es ist zu teuer für einige wenige Länder, die jeweils ihre eigenen politischen Realitäten berücksichtigen müssen, was die ernsthaften Versuche erschwert. Und, wie der globale wirtschaftliche Abschwung der Jahre 2008 - 2012 gezeigt hat, können große Projekte erheblich beeinträchtigt werden, wenn die nationalen Staatshaushalte begrenzt sind.

Auf einer weiteren Ebene ist das von den Vereinten Nationen gesponserte Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) eine sehr bekannte Organisation, welche die Nationen der Welt dazu antreibt, bei der globalen ökologischen Herausforderung zu kooperieren. Das IPCC wirkt bewundernswert auf die Schaffung eines starken Konsenses unter den Wissenschaftlern über Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten auf den globalen Wandel hin. Es übernimmt einen weiträumigen politischen Prozess (zum Beispiel durch Gleichgewichtung aller eingereichten Modelle, unabhängig von ihrer Bedeutung), und das schafft einige potenzielle Verzerrungen in den Ergebnissen, die von größter Relevanz für die Politik

Aus all diesen Gründen wird ICES aus Scheu vor noch mehrerer solcher Konflikte bei Regierungsbehörden keine direkten Finanzierungsanträge stellen. Stattdessen wird ICES als unabhängiges, gemeinnütziges, nicht-staatliches Unternehmen arbeiten, in dem das soziale Engagement unmittelbar zum Einsatz kommt - unter Vermeidung widerstreitender Belange, die häufig innerhalb des öffentlichen Sektors nachweislich grenz- und behördenüberschreitende wissenschaftliche Integration behindern. Aber da auf der anderen Seite ICES in hohem Maße von staatlichen Daten und wissenschaftlichen Eingaben abhängen sein wird, wählt es die Form einer *öffentlich-privaten Partnerschaft*.

Eine Lektion aus der privaten Raumfahrtindustrie

Natürlich sind wir nicht die Ersten, die diese Strategie einsetzen. Die Entstehung einer pulsierenden Raumfahrtindustrie in der Privatwirtschaft zeigt, wie nicht-staatliche Stellen technologischen Fortschritt vorantreiben können, um eine Reihe von ehrgeizigen globalen Zielen zu erreichen. Jahrzehntelanges Regierungs- Sponsoring haben ein industrielles Ökosystem bereitet, aus dem in jüngster Zeit viele *kommerzielle gemeinnützige Projekte* entstanden sind, einschließlich der Bildung von Unternehmen, die Satelliten in niedrigen Umlaufbahnen, Raumfahrzeuge, Startanlagen und eine Reihe von speziellen Raum-Lösungen bieten.

Oft führt die Arbeit in enger Partnerschaft mit Regierungsstellen durch diese privaten Firmen zu einer Flexibilität und Konzentration, welche die öffentlichen Bemühungen zu Synergien in der technischen Entwicklung ergänzt. Die ICES Foundation ist als Zentrum für Technologien der nächsten Generation durch seine Rolle bei der privaten *Raumfahrt-Tourismusbranche* bekannt geworden. Richard Bransons *Virgin Galactic* bietet nun die Erfahrung der Raumfahrt einem breiteren Publikum an, als es Raumfahrtprogramme im öffentlichen Sektor könnten. Zukünftige Nachschubkonvois für die Aufrechterhaltung der Internationalen Raumstation ISS werden wahrscheinlich für den Rest dieses

Die ICES -Foundation plant eine *gemeinnützige, öffentlich-private Partnerschaft (PPP)*, die in oder in der Nähe von Genf, Schweiz ansässig sein soll. Es wird das „*CERN der Nachhaltigkeit*“ sein, eine *Schnittstelle zwischen Forschung und Politik im Weltformat als Einrichtung zur Partnerschaft mit Wissenschaftlern und Entscheidungsträgern weltweit*. Die Schweiz selbst ist für ihre internationale Ausrichtung und ihr humanitäres Bewusstsein, aber vielleicht vor allem für ihre langjährige Neutralität bekannt. Daher ist sie ein idealer Ausgangspunkt für die Operationen von ICES.

Wir haben die PPP-Struktur als Mittel gewählt, um, enge Beziehungen zu öffentlichen Institutionen herzustellen, während wir zur gleichen Zeit nach privaten Finanzierungsquellen suchen. Die Schweizer Regierung hat strenge Vorschriften in Bezug auf die öffentliche Rechenschaftspflicht gegenüber in der Schweiz ansässigen Stiftungen, was für ICES bedeutet, dass es bei der Verwirklichung seiner Mission im Namen der internationalen Gemeinschaft und der Geber mit äußerster Integrität agiert. Die Zusammenarbeit mit anderen staatlichen Stellen auf der ganzen Welt und die Überwachung durch die Schweizer Behörden wird für den Aufbau vertrauensvoller Beziehungen im Ausland wertvoll sein.

Strategische Partnerschaften bilden sich derzeit rund um die große Vision von ICES mit voller Unterstützung durch Institutionen wie dem WCRP, der Universität Genf, dem Institut für Globale Umwelt und Gesellschaft

zum Ende dieses Jahrzehnts planen wir für ICES ein jährliches Betriebsbudget von US \$ 50 Millionen und die Beschäftigung eines wissenschaftlichen und technischen Personals von insgesamt etwa 200 Mitarbeitern, von denen viele von Partnerorganisationen abgeordnet werden sollen. Dieses Betriebsbudget wird mit verschiedenen Formen von Einkünften verrechnet werden.

Wie ICES finanzielle Nachhaltigkeit erreichen wird

Unsere Einnahmequelle wird während der gesamten Dauer unsere langfristige Mission nicht nur auf philanthropische Spenden begrenzt sein. Viele Möglichkeiten werden ICES für Einnahmen zur Verfügung stehen, zum Beispiel durch Patenschaften, professionelle Serviceverträge, Patentverwertung und Verkauf von Rechenzyklen als Serviceagentur. Wir sehen vielfältige Einnahmequellen, die durch Bereitstellung von aktuellem, hochwertigem Wissen inmitten des turbulenten globalen Wandels zustande kommen, auch indem ICES eine Philosophie des offenen Zugangs mit offenen Daten und freier Publizität verfolgt. Wir gehen davon aus, dass diese Einnahmequellen schließlich ein Drittel unserer jährlichen Betriebskosten ausgleichen werden.



Das zweite Drittel unserer Ausgaben hoffen wir mit Hilfe einer „Erfolgsanleihe für soziale Auswirkungen“ zu decken. Obwohl dies ein relativ neues Finanzinstrument für die Finanzierung von NGOs ist, ist es für die kommenden Jahre sehr vielversprechend.

Natürlich hat ICES in erster Linie die Mission, dem öffentlichen Wohl zu dienen. Wir werden die Integrität dieser Mission durch Kontrolle der Exekutive, hohen Standards der Finanzprüfung und eidgenössischen behördlichen Kontrolle erfüllen. Das heißt, wir erkennen an, dass ganze Wirtschaftszweige durch unvorhergesehene

Naturkatastrophen verwüstet werden können, und wo Anpassungen von Werten und Visionen im privatwirtschaftlichen Sektor auftreten, wird ICES Möglichkeiten für Serviceleistungen abstecken, wie zum Beispiel Wertschöpfung für betroffene Volkswirtschaften zu erstellen, wenn wir Unterstützung für unser Kerngeschäft erhalten.

Was Sie dazu beitragen können

Jetzt ist es Zeit, rasch an dieser kühnen Vision zu arbeiten. Das ICES-Team wird über das ganze Jahr 2012 hinweg strategische Allianzen mit finanziellen Unterstützern, Technologie-Anbietern und Partnern aufbauen. Sie können sich beteiligen, indem sie uns auf potenzielle Finanzierungsquellen aufmerksam machen, Briefe zur Unterstützung in unserem Namen abfassen, und Ihre Netze benutzen, um die kritische Masse von Menschen und Ressourcen zusammenzubringen, die notwendig ist, um das ICES-Zentrum Realität werden zu lassen.

Nie zuvor war die Notwendigkeit größer und die Möglichkeiten dazu so nahe. Die Welt verlangt eine neue Institution im gleichen globalen Maßstab wie die Bedrohungen, mit denen wir konfrontiert sind, und um den komplexen Herausforderungen heute und in den kommenden Jahrzehnten zu begegnen. Die Welt braucht ICES- ein Internationales Zentrum für die Erdsimulation.

ICES Vorstand

1. Dr. Robert Bishop, Präsident
2. Andre Kaplun, Direktor und Generalsekretär
3. Julien Pitton, Direktor und Schatzmeister

ICES Fachausschuss

1. Dr. Ghassam Asrar, Direktor des Weltklimaforschungsprogramms (WCRP)
2. Professor Martin Beniston, Lehrstuhl für Klimaforschung an der Universität Genf und Direktor des Instituts für Umweltwissenschaften
3. Professor Thomas Ludwig, Geschäftsführer, Deutsches Klimarechenzentrum (DKRZ), Universität Hamburg, Fachbereich Informatik, Arbeitsgruppe Wissenschaftliches Rechnen
4. Professor Michael Rast, Terrestrische Fernerkundung, Fakultät für Geowissenschaften, Ludwig-Maximilians-Universität, München, Leiter des Büros für Wissenschaftsstrategie, Koordination & Planung (EOP-SA), European Space Agency (ESA)
5. Barbara Ryan, Secretariat Director of the intergovernmental Group on Earth Observations (GEO)
6. Professor Michael Schaepman, Fernerkundung am Geographischen Institut der Universität Zürich; Direktor des Forschungsschwerpunktes 'Globaler Wandel und Biodiversität' der Universität Zürich.
7. Professor Jagadish Shukla, Präsident des Institute of Global Environment & Society, Ehrenprofessor, George Mason University

Sonderbotschafter

Professor Jean-Claude Badoux, ehemaliger Präsident EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne)

ICES -Berater

1. Hans Derksen, Branchenberater
2. Edwin Douglass, Finanzberater

ICES Finanzdienstleistungserbringer

1. UBS für Bankdienstleistungen
2. PricewaterhouseCoopers für Rechnungsprüfungen.

Die ICES-Logo zeigt den Anasazi Petroglyph, der als *Sonnendolch* bekannt ist und in die Seite des Fajada Butte im Chaco Canyon, New Mexico gehauen wurde. Dieser alte Kalender besteht aus drei vertikalen Steinen, die das Sonnenlicht auf eine in den Fels gehauen Spirale lenken, um den Lauf der Zeit zu markieren und die besonderen Positionen für die Sonnenwende und Tagundnachtgleichen anzeigt. Der Sonnendolch wurde verwendet, um den Wechsel der Jahreszeiten zu verfolgen und landwirtschaftliche Praktiken für eine fortgeschrittene Zivilisation anzuleiten, die für ihr Überleben auf fundierten Kenntnissen des sich verändernden Planeten abhing. Im selben Geiste will ICES Wegführer zur Aufklärung der verborgenen Muster sein, die unsere sich weiterentwickelnde Erde formen.

Grafik Rückseite

Die ICES-Montage wurde von Tony und Bonnie DeVarco für die ICES Fondation unter Nutzung von Satellitenbildern mit freundlicher Genehmigung des NASA Erdobservatoriums erstellt. Das Einschub- Diagramm ist eine vereinfachte Version des Baums des Lebens und zeigt die gemeinsamen Namen der Hauptgruppen. Diese Version des Baumes basiert auf dem *Tree of Life appendix in Life: The Science of Biology*, 8. Aufl., durch D. Sadava, H.C. Heller, G.H. Orians, W.K. Purves und D.M. Hillis (Sinauer Associates und W.H. Freeman, 2008). Weitere Einlagen sind der Sonnendolch und das Analemma. Das Sternbild der Plejaden ist im Hintergrund erkennbar.

Bildnachweis

1. Volle Erdescheibe - östlichen Halbkugel, Quelle: NASA (Umschlaginnenseite)
2. Tsunami, Japan 2011, Source: <http://www.thesun.co.uk/> (Seite2)
3. Tornado, Quelle: [http://www.sema.dps.mo.gov/plan and prepare/tornadoes.asp](http://www.sema.dps.mo.gov/plan_and_prepare/tornadoes.asp) (Seite2)
4. CCSM MeereseisKonzentrationen, Quelle: NCAR (Seite4)
5. Visualisierung des Systems Erde-Sonne, Metanoiaa© 2006-2012 (Seite7)
6. Volle Erdescheibe - westliche Halbkugel, Quelle: NASA (Seite9)
7. Geneigte Erdachse, Quelle: <http://www.tectonic-forces.org> (Seite9)
8. Solarwind, Quelle: NASA <http://sec.gsfc.nasa.gov/popscise.jpg> (Seite10)
9. Tsunami, Japan2011, Quelle: KyodoNews/AssociatedPress (Seite11)
10. Explosion in Fukushima, Quelle: AFP/GettyImages (Seite11)
11. TianjinÖko-City, Quelle: <http://www.smartplanet.com> (Seite13)
12. Stadterneuerung, Shanghai, Quelle: Edward Burtynsky (Seite13)
13. Schaubild des Auftretens von Naturkatastrophen, Quelle: MunichRE (Seite15)
14. ICES-Gebäude, Quelle: Burckhardt+PartnerSA (Seite20)

Internationales Zentrum für Erdsimulation

