

# Das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

## Rückblick, Überblick, Ausblick

von Hans-Joachim Schellnhuber und Manfred Stock

Das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung wurde auf Empfehlung des Wissenschaftsrats gegründet, um Grundlagenforschung und angewandte Forschung im Rahmen der klimabezogenen Erdsystemanalyse zusammenzuführen und weiterzuentwickeln. Diese Empfehlung entsprang hauptsächlich dem stetig wachsenden Bedürfnis der Politik nach Aufklärung über die Folgen des Globalen Wandels, der sich zum Beispiel im Anstieg des atmosphärischen Kohlendioxids und den damit verbundenen klimatischen Veränderungen manifestiert. Wissenschaftler wiesen immer wieder darauf hin,

daß dieser Problembereich durch starke Rückkopplungen charakterisiert sei und daher eine Untersuchung des Systems insgesamt, auf globaler *und* auf regionaler Skala, notwendig wäre.

Wer sich 1992 auf dieses Gebiet vorwagte, das heute - im Jahr 2000 - einen festen Platz in der Wissenschaft einnimmt, mußte bereit sein, aktiv neue Ansätze zu erschließen. Angesichts der ehrgeizig gesteckten Ziele war ein Gelingen der Mission durchaus zweifelhaft. Der potentielle Nutzen rechtfertigte jedoch das damit einhergehende Risiko. Eine kürzlich erschienene, durchweg positive Bewertung des Instituts durch den Wissenschaftsrat hat betont, daß das Institut bereits heute die Mehrheit seiner Ziele erreicht und sich in der vergleichsweise kurzen Zeit seit seiner Gründung zu einer herausragenden Forschungseinrichtung entwickelt hat. Dies ist unserer Ansicht nach Grund genug, sowohl einen Rückblick (mit besonderem Schwerpunkt auf 1998 und 1999) als auch einen Ausblick auf die Zukunft des Instituts zu geben.

### Von der Klimafolgenforschung zur Erdsystemanalyse

Als die Klimafolgenforschung vor etwa einem Jahrzehnt startete, erschienen die Ausgangskonzepte hoffnungslos überambitioniert. Man erwartete, daß eine exakte Vorhersage von Umweltentwicklungen möglich sei und somit eine Grundlage für präzise Management-Empfehlungen an die Gesellschaft gegeben wäre. Gleichzeitig konnten diese Konzepte auch als naiv bezeichnet werden. Denn man ging davon aus,



*Das ehemalige Astrophysikalische Observatorium Potsdam wird ab dem Jahr 2001 der neue Hauptsitz des PIK.*

daß eine lineare Kausalanalyse der Zusammenhänge zwischen den durch die Zivilisation verursachten Treibhausgasemissionen und den daraus resultierenden Klimaveränderungen, sowie die anschließende Bewertung der Vor- und Nachteile für die natürlichen und sozioökonomischen Systeme, eine angemessene Vorgehensweise darstellte. Die Erfahrungen, die das Potsdam-Institut mit der einschlägigen Wissenschaftswelt teilt, zeigen uns heute, daß ein komplexerer Ansatz notwendig ist. Das Klima ist nur ein Teil der Ökosphäre innerhalb des gesamten Systems Erde. Diese Komponente ist mit vielen anderen in eine komplexe Kausalmatrix eingebettet, die aus nichtlinearen Verbindungen und stark heterogen geprägten Beziehungen besteht.

Die Klimafolgenforschung ist demnach ein nicht isolierbarer Teil der Erdsystemanalyse. Nur wenn die Forschung in dieser Hinsicht weiter vorangetrieben wird, kann die wissenschaftliche Basis für die Beantwortung der wesentlichen Fragen in bezug auf die richtige Mischung aus *Vorbeugungs-* und *Anpassungsmaßnahmen* zur Beherrschung eines Klimawandels geschaffen werden.

Die Zusammenstellung der Erdsystemkomponenten in einem Gleichungssystem ist viel mehr als nur ein bloßes Rechenexempel und erfordert eine sorgfältige Unterscheidung wichtiger und weniger wichtiger Phänomene. Ein wesentliches Forschungsziel ist in diesem Zusammenhang die Identifizierung von "strategi-

schen Variablen“, die im Geflecht von Ökosphäre und Anthroposphäre auf Störungen und Wechselwirkungen empfindlich reagieren und diese Reaktionen weitertransportieren. Die Atmungsintensität der Ökosysteme als Funktion von Temperatur und anderen Faktoren könnte zum Beispiel eine solche Variable sein, da sie für Mechanismen zur klimatischen Selbststabilisierung von wesentlicher Bedeutung ist.

Das Aufkommen und die Weiterentwicklung der Erdsystemanalyse kann als „Zweite Kopernikanische Wende“ bezeichnet werden, bei der versucht wird, unser planetarisches Ökosystem als Ganzes zu betrachten und auf der Basis dieses Denkansatzes Konzepte für ein globales Umweltmanagement zu entwickeln. Dieser Gedanke wurde in einem kürzlich von uns für die Millenniumsausgabe von Nature (Vol. 402, C19-C23) verfaßten Essay dargelegt. Im folgenden möchten wir aus diesem Artikel zitieren.

### Die Zweite Kopernikanische Wende

“Es ist auf vielerlei Art möglich, in die Zukunft zu blicken. Sehr amüsant (aber auch manchmal erschreckend) ist es, eine Art ‚Vorwärtsspiegel‘ zu benutzen, indem man die Zukunft durch Reflektieren der Vergangenheit vorauszuahnen versucht. Vergleicht man die Entschlüsselung der Geheimnisse des menschlichen Körpers durch die Medizin in den letzten drei Jahrtausenden mit der Entschlüsselung der Geheimnisse des ‚Erdkörpers‘, so wird deutlich, daß noch einiges zu tun bleibt.

Mit unserem heutigen Verständnis der Medizin erscheint es undenkbar, daß die Hippokratische Schule, die sich bei der Analyse des menschlichen Körpers und bei der Krankheitsprognose auf die „Zusammensetzung der Körpersäfte“ des einzelnen Patienten berief, die westliche Medizin bis weit nach der Renaissance beherrscht hat. Große wissenschaftliche Fortschritte wie Vesals 1543 veröffentlichte Erkenntnisse im Bereich der Anatomie oder Harveys physiologische Studien von 1628 wurden übergangen oder gar verboten, insbesondere durch die Dekane der ‚unfehlbaren‘ medizinischen Fakultät von Paris. Die erste wissenschaftliche Abhandlung, in der Ansteckungskrankheiten auf Einflüsse von Mikroorganismen

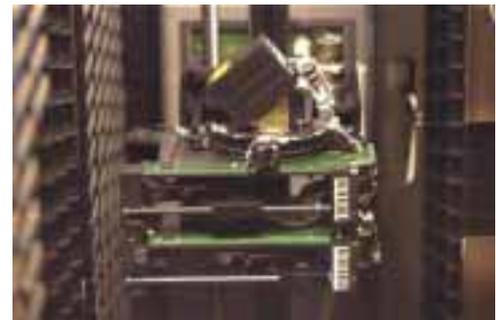
zurückgeführt wurden, statt auf gefährliche Dämpfe oder ‚Miasmen‘, erschien erst 1840.

Das *Enlightenment* im Zeitalter der Aufklärung erfolgte im wahrsten Sinne des Wortes durch das Licht, nämlich durch die Fähigkeit zur Manipulation der Strahlen, die von den zu untersuchenden Körpern ausgehen. Die Erfindung des operativen Mikroskops 1608 durch den holländischen Brillenmacher Zacharias Janssen, auf der Grundlage der von Roger Bacon schon 1267 dargelegten Erkenntnisse, stellte einen Wendepunkt in der Geschichte der Wissenschaft dar. Zum ersten Mal war das menschliche Auge in der Lage, seine natürlichen Grenzen zu überwinden und die Wunder des Mikrokosmos zu erkunden.

Weitere Wunder warteten damals auf ihre Entdeckung, vor allem die nächtlichen Sternbilder mit ihren Milliarden von gigantischen Himmelskörpern, die aus der Entfernung betrachtet so winzig wirken. Einmal mehr mußten schwache, von Körpern ausgehende Lichtstrahlen durch genial ausgeklügelte Geräte - in diesem Fall Teleskope - verstärkt werden. Auf diesem Wege führten optische Verstärkungstechniken zur Großen Kopernikanischen Wende, die die Erde in ihren wahren astrophysikalischen Kontext rückte.

Heute, etwa 500 Jahre nach Kopernikus, Cusanus und Kollegen, ist unsere Zivilisation im Begriff, Nachbarplaneten zu erkunden, stellare Objekte in ihrer Entstehung zu beobachten und sogar außerirdische Intelligenz aufzuspüren. Diese spektakuläre Weiterentwicklung der aufklärerischen Impulse wird begleitet von einem Crescendo andersgearteter wissenschaftlicher Aktivitäten, die bald in einer ‚Zweiten Kopernikanischen Wende‘ gipfeln werden. Diese neue Wende wird in gewisser Weise eine Umkehr der ersten sein. Sie wird es uns ermöglichen, auf unseren Planeten zurückzublicken und eine einzige, komplexe, dissipative, dynamische Einheit zu sehen, weit entfernt vom thermodynamischen Gleichgewicht – das ‚Erdsystem‘. Es mag durchaus sein, daß die Natur es nur ein einziges Mal vollbracht hat, einen widerstandsfähigen Geosphäre-Biosphäre-Komplex (die *Ökosphäre*) in unserer Galaxie zu erschaffen, bewohnt von einer Lebensform, die in der Lage ist, die Existenz dieses Komplexes und ihre eigene zu erklären.

*Das PIK setzt Hochleistungsrechner zur Modellierung ein und arbeitet dabei mit umfangreichen Datenbanken. Auf dem linken Bild sind Bandarchiv und Festplattenspeicher zu sehen. Die Detailaufnahme des Bandarchivs (rechts) zeigt den Greifarm des Roboters.*



Eine solche Erklärung sollte insbesondere alle relevanten dynamischen Phänomene einschließen, durch die die Komponenten des Systems auf allen Ebenen miteinander verbunden sind, von der Konvektion tief im Erdmantel bis hin zu Fluktuationen am äußersten Rand der Atmosphäre. Neue Instrumente sind dafür notwendig, insbesondere *Makroskope*, die Objekte verkleinern und nicht wie Mikroskope vergrößern und Erdsystemforschern einen objektiven Abstand vom Untersuchungsgegenstand geben - einen Abstand, der Platz für kognitive Leistungen läßt.

Es gibt drei unterschiedliche Wege, einen holistischen Eindruck vom Inventar dieses Planeten, einschließlich der menschlichen Zivilisation, zu gewinnen:

### 1. Die Vogelperspektive

Der einfachste Weg, einen Panoramablick über die Erde zu erhalten, besteht darin, sie zu verlassen und aus der Entfernung zu betrachten.

Die Möglichkeiten für diese besondere makroskopische Technik eröffneten sich, als in den sechziger Jahren der Wettlauf zum Mond begann und mit ihm das mittlerweile vertraute Bild unserer Erde entstand: ein blauer Planet, schwebend in einem dunklen und kalten Nichts. Dieser Trick war nicht eben billig; die lunaren Unternehmungen der NASA verschlangen immerhin um die 95 Milliarden US-Dollar. Inzwischen ist ein Geschwader von Raumstationen, Raumfähren und intelligenten Satelliten damit beschäftigt, die Erde in nahezu allen Details abzubilden.

### 2. Die digitale Nachäffung

Eine etwas kompliziertere, aber preiswertere Makroskoptechnik besteht in der Durchführung von digitalen Simulationen. Hierbei werden Komponenten und Muster des originalen Erdsystems durch mathematische Platzhalter ersetzt und zwar so genau, wie unser ständig fortschreitendes Wissen dies erlaubt. Diese formalen Schimären werden daraufhin elektronisch animiert, um die dynamische Gesamtheit an echten Beziehungen in der virtuellen Raum-Zeit-Welt nachzubilden. Die Menagerie von Erdsystemmodellen umfaßt didaktische, konzeptionelle und ‚analoge‘ Ansätze. Ein bedeutender Vorteil dieses Makroskops ist die Möglichkeit zur Simulation beliebiger planetarischer Zukunftsvisionen, ohne ein größeres Risiko als einen Computerabsturz einzugehen. Die Verlässlichkeit solcher Nachäffungsmaschinen ist allerdings noch fraglich, obwohl unerbittliches Training an Paläodaten zu zufriedenstellenden retrospektiven Fähigkeiten führen kann.

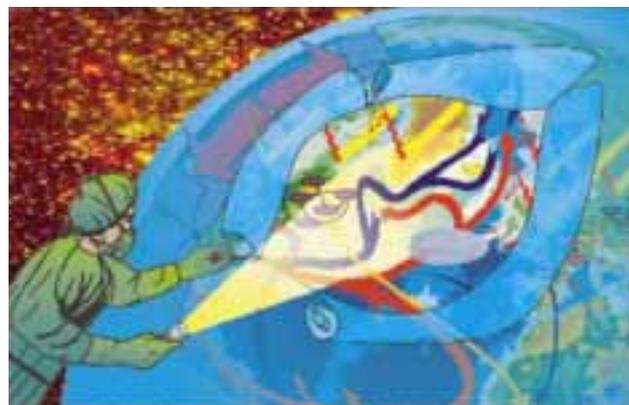
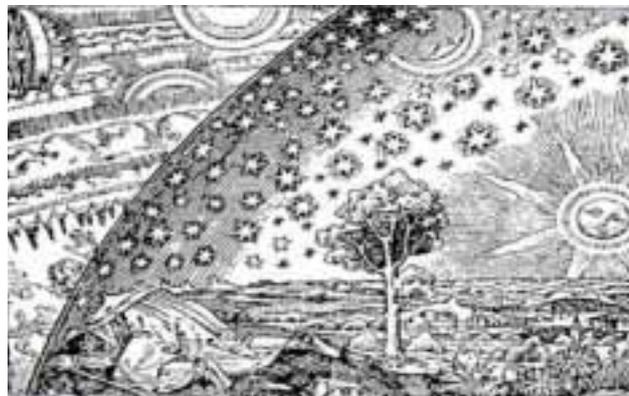
### 3. Das Liliput-Prinzip

Als dritte Option bietet sich die Vision der ‚unglaublich schrumpfenden Erde‘ an, wie sie in der Sonorawüste im Biosphäre-II-Unternehmen inszeniert wird. Hierbei

sollte die Ökosphäre in Fleisch, Blut und Stein nachgeschaffen werden, allerdings im extrem verkleinerten Maßstab. Ein solcher Nano-Planet läßt sich – im Prinzip - ideal auf selbststabilisierende Prozesse hin untersuchen. Trotz des desaströsen Verlaufs hat das Biosphäre-II-Projekt zu neuen wissenschaftlichen Denkansätzen über das Leben geführt. Die Freiluftexperimente, die gegenwärtig zur Untersuchung der Auswirkungen des CO<sub>2</sub>-Anstiegs in der Atmosphäre auf agrarische Ökosysteme und Wälder durchgeführt werden, folgen einer ähnlichen empiristischen Philosophie.

Höchstwahrscheinlich werden in Zukunft die Makroskope aus optimalen Kombinationen dieser Ansätze bestehen, wobei insbesondere die ersten beiden eine große Rolle spielen werden. Die Überwachung des Planeten - über Fernerkundung und ein weltweites Netz von *in situ*-Meßvorrichtungen - wird durch Datenmodelle ergänzt und synchronisiert werden, wodurch letztendlich ein kontinuierlich aktualisiertes ‚Weltbild‘ entsteht.

Die quasi antithetischen Charaktere der Ersten und Zweiten Kopernikanischen Wende können durch die Gegenüberstellung einer berühmten historischen Allegorie und eines modernen Cartoons visualisiert werden. Der Forscher im unteren Bild ist aus zwei Gründen wie ein Arzt gekleidet: Erstens erinnert die fortlaufende Untersuchung des Erdkörpers in vielerlei Hin-



Die Erste und die Zweite Kopernikanische Wende.

sicht an die Untersuchung des menschlichen Körpers während der Renaissance. Wissenschaftshistoriker, die, sagen wir vom Jahre 2300 AD, zurückblicken, werden erneut eine Geschichte von unglaublichen Fehlschlägen und Triumphen erzählen. Zweitens ist ein wichtiger Impetus der Zweiten Kopernikanischen Wende die Einsicht, daß die Funktionsweise der Ökosphäre durch den Einfluß des Menschen *qualitativ* verändert werden kann. Die Makroskopie ist demnach ein Diagnose-Instrument, dessen Erkenntnisse unerlässliche Voraussetzungen für eine Therapie bilden.

Das bedeutet, daß wir letztendlich mit einem *Steuerungsproblem* konfrontiert sind, einer geokybernetischen Aufgabe, die in drei wesentlichen Fragen zusammengefaßt werden kann. Erstens: Was für eine Welt haben wir? Zweitens: Was für eine Welt wollen wir? Drittens: Was müssen wir tun, um dorthin zu gelangen? Diese Fragen zeigen den überaus ehrgeizigen Anspruch auf, der durch die Erdsystemanalyse gestellt wird."

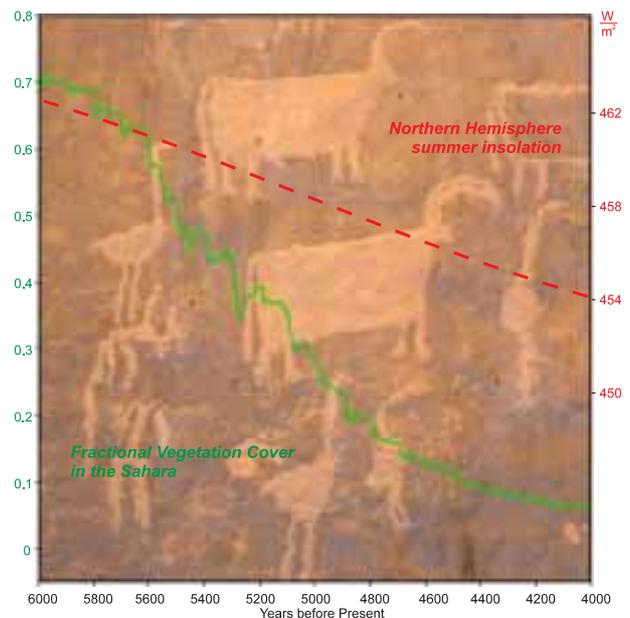
### Neue Schlaglichter der Erdsystemanalyse

Die bevorzugten Makroskope des Potsdam-Instituts im Rahmen der Erdsystemanalyse sind exakt kalibrierte Simulationsmodelle, die – wenn möglich – die verfügbaren Daten mehrerer unabhängiger Quellen nutzen. Fortgeschrittene Methoden aus der Physik, der Informatik und anderen Wissenschaftsbereichen werden eingesetzt, um sicherzustellen, daß die durchgeführten Studien einen integrativen Charakter erhalten. Einen kurzen Überblick über die neuesten Forschungsergebnisse bietet die Sonderausgabe der Zeitschrift "Environmental Modeling & Assessment" mit dem Titel "Earth System Analysis and Management" (Nr. 4, Dezember 1999). Im folgenden möchten wir entlang eines Zeitstrangs von der Vergangenheit in die Zukunft eine (nicht-repräsentative) Auswahl unserer Forschungsergebnisse aus den Jahren 1998 und 1999 vorstellen.

#### Die Vergangenheit: Abrupte Wüstenbildung in einer Computersimulation

Das globale Wechselspiel zwischen Atmosphäre, Ozeanströmungen und Vegetation während des sogenannten holozänen Klimaoptimums vor gut 6000 Jahren wurde in dem für die Erdsystemanalyse entwickelten interaktiven Klimasystemmodell CLIMBER weltweit erstmals realistisch simuliert. Dieses hocheffiziente Modell ist in der Lage, die vielfältigen Wechselwirkungen im Klimasystem der Vergangenheit zu rekonstruieren und daher belastbare Klimaänderungsszenarien für die Zukunft zu berechnen. Durch die Analyse fossiler Pflanzenpollen und Knochen sowie aus Felszeichnungen wissen wir, daß das heutige Gebiet der Sahara im frühen Holozän in wei-

ten Teilen aus einer subtropischen Steppe bestand. Vor etwa 6000 Jahren war das Klima auf der Nordhalbkugel milder als heute und insbesondere in Nordafrika deutlich regenreicher. Die Klimaänderungen der Vergangenheit lassen sich letztendlich auf kleine quasi-periodische Schwankungen in der Erdbahn und der Erdachsenneigung zurückführen, die eine Änderung in der regionalen Verteilung der Sonneneinstrahlung bewirken. Mit Hilfe von CLIMBER wurde gezeigt, daß die frühere Begrünung der Sahara hauptsächlich auf die nichtlineare Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Vegetation zurückzuführen ist und nur in geringem Maße auf Änderungen der Ozeanströmung. In einem zweiten Schritt gelang auch die Rekonstruktion der Entwicklung des Saharagebietes zu einer Wüste. Dabei zeigte sich, daß die Wechselwirkung zwischen Vegetation und Atmosphäre zu relativ abrupten Klimaänderungen führen kann – abrupt im Vergleich zu der sich allmählich ändernden regionalen Verteilung der Sonneneinstrahlung, die letztlich die langfristige Klimavariabilität erzeugt.



Im Hintergrund dieser Grafik sieht man eine über 5000 Jahre alte Felszeichnung aus dem Norden Sudans. Sie zeigt Tiere, die im Gebiet der heutigen Sahara lebten, bevor diese zu einer hyperariden Wüste wurde. Mit einer rechnerischen Simulation des damaligen Klimas konnte gezeigt werden, daß es einen abrupten Vegetationswechsel in der Sahara gab (grüne Linie), der durch eine subtile Änderung in der sommerlichen Sonneneinstrahlung auf der nördlichen Hemisphäre ausgelöst wurde (rote Linie).

#### Die Gegenwart: Aktuelle Klimaänderungen im nordatlantisch-europäischen Raum

Die Paläoklimatologie belegt, daß drastische Klimaänderungen oftmals sehr plötzlich und in Verbindung mit starken Änderungen der atmosphärischen Zirkulation auftraten. Dies ist auch für zukünftige Klimaänderun-

gen zu erwarten und wirft die Frage auf, ob bereits gleichzeitig mit den in den letzten hundert Jahren beobachteten klimatischen Veränderungen (eine globale Temperaturerhöhung um im Durchschnitt 0,6 bis 0,7°C) strukturelle Änderungen der atmosphärischen Zirkulation stattgefunden haben. Unsere Suche nach Signalen ist in vollem Gange.

Anhand der Statistik von Tageswerten ausgewählter meridionaler Druckdifferenzen für die Winterperioden von 1881 bis 1998 ist es Wissenschaftlern am PIK gelungen, ein signifikantes Signal einer Klimaveränderung aufzuzeigen. Die Analyse der Werte ergab, daß sich die durchschnittliche Dauer typischer atmosphärischer Zirkulationsmuster im nordatlantisch-europäischen Raum seit Anfang der 70er Jahre schlagartig verlängert hat. Dieses meteorologische Signal ist weder auf regionale Ursachen (Meeresoberflächentemperatur) noch auf fernwirkende Einflüsse (El Niño, Südliche Oszillation) zurückzuführen und läßt den Schluß zu, daß die globale Erwärmung Ursache dieses Signals ist.

Den Analysen nach ändert sich die atmosphärische Zirkulation über Europa voraussichtlich auf folgende Weise: In den Wintermonaten werden sich die westlichen Winde verstärken; Zentraleuropa wird in der Folge häufiger von milden und ungewöhnlich feuchten Wintern heimgesucht werden. Auch mit der Zunahme von extremen Wetterereignissen wie Stürmen und Starkniederschlägen und deren Folgen, wie zum Beispiel Hochwassern, muß gerechnet werden.

#### *Die Zukunft: Neue Langzeitstudie zur globalen Erwärmung*

Eine Studie des PIK zu den möglichen Auswirkungen der globalen Erwärmung im kommenden Jahrtausend bestätigt Befürchtungen, wonach sich bereits bis zum Ende des nächsten Jahrhunderts die Temperaturen weltweit um mehr als 3°C erhöhen könnten, falls die zivilisatorischen Treibhausgasemissionen nicht verringert werden. Mit Hilfe des CLIMBER-2-Modells werden Szenarien möglicher Klimaveränderungen durchgerechnet, die bis zu mehrere Jahrhunderte umfassen.

In einer anderen, in Kooperation mit mehreren internationalen Gruppen durchgeführten Studie wurde aufgezeigt, daß die Aufnahmekapazität der terrestrischen Biosphäre für Kohlenstoff recht begrenzt ist.

Berechnungen mit dem Lund-Potsdam-Jena-Modell und anderen dynamischen globalen Vegetationsmodellen ergeben, daß das momentan stattfindende Abpuffern der atmosphärischen Kohlendioxidkonzentrationen aufgrund einer CO<sub>2</sub>-Düngung, die die globale Erwärmung verlangsamt, in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts stark reduziert werden könnte. Dies hätte eine Beschleunigung des Klimawandels zur Folge.

Weiterhin wird untersucht, inwiefern die Gefahr besteht, daß es infolge der Erwärmung zu einer dauerhaften und gravierenden Veränderung der Ozeanströmungen kommen könnte. Die Berechnungen zeigen, daß die anthropogene Klimaveränderung schließlich sogar zu einer Abkühlung Europas führen könnte, falls die nordatlantische Meeresströmung abreißt. Eine solche Abkühlung ist seit langem Gegenstand von Spekulationen, wurde jedoch vorher nie in einer Computersimulation demonstriert. Als Anerkennung für seine diesbezüglichen Forschungen erhielt der PIK-Wissenschaftler Stefan Rahmstorf 1999 den Jahrhundertpreis der James S. McDonnell Stiftung.



*Stefan Rahmstorf erhielt 1999 den Jahrhundertpreis der James S. McDonnell Stiftung.*

#### *Integrierter Klimaschutz: Den Klimawandel auf ein erträgliches Maß beschränken*

Im Jahre 1999 gelang es dem Projekt ICLIPS (Integrated Assessment of Climate Protection Strategies), ein integriertes Modell zu erstellen, das in der Lage ist, die gesamte, für das Klimaproblem relevante Kette von Ursachen und Wirkungen abzubilden. Die Modellkomponenten wurden in Zusammenarbeit mit weltweit führenden Forschungsinstituten erstellt. Dadurch konnte ein Modell entwickelt werden, das eine Vielzahl innovativer Eigenschaften besitzt. Dazu zählen ein numerisch höchst effizientes Klimamodell, das alle relevanten Treibhausgase berücksichtigt, eine Reihe von Klima-Impakt-Response-Funktionen, die klimabedingte Veränderungen in den landwirtschaftlichen Erträgen, der natürlichen Vegetation und der Wasserverfügbarkeit modellieren, sowie ein Modell der langfristigen ökonomischen Entwicklung, das Effekte technologischen Lernens zu berücksichtigen versucht. Das Hauptanliegen des Modells ist die Bestimmung von Emissionskorridoren. Sie geben den zukünftigen Spielraum wieder, der mit vordefinierten Klimaschutz-Leitplanken verträglich ist. Diese Leitplanken dienen dazu, alle Klimafolgen sowie Auswirkungen von Emissionsminderungsmaßnahmen auszu-

schließen, die von der Gesellschaft bzw. von den gewählten klimapolitischen Entscheidungsträgern als nicht tolerierbar angesehen werden. Durch die erfolgreiche Anwendung des Modells gelang es dem ICLIPS-Projekt, die konzeptionelle Umsetzbarkeit, die numerische Handhabbarkeit sowie die politische Relevanz des innovativen Leitplankenansatzes ("Tolerable Windows Approach") zur Unterstützung der klimapolitischen Entscheidungsfindung nachzuweisen.

### Organisation transdisziplinärer Forschung

Die oben beschriebenen Arbeiten und viele weitere Forschungsprojekte wurden innerhalb einer Matrixstruktur durchgeführt, die eine abteilungsübergreifende transdisziplinäre Forschung gewährleistet.

Das Forschungsmanagement des PIK basiert auf fünf wissenschaftlichen Fachabteilungen. Ihre Aufgabe besteht darin, an der Weiterentwicklung der Methoden in der jeweiligen Fachdisziplin teilzunehmen, die Qualität der Ergebnisse sicherzustellen und die wissenschaftlichen Mitarbeiter des PIK zu betreuen. Letzteres gilt auch für deren berufliche Weiterentwicklung.

Vier dieser Fachabteilungen - *Klimasystem, Globaler Wandel und Natürliche Systeme, Globaler Wandel und Soziale Systeme* sowie *Data & Computation* - entwickeln hauptsächlich Methoden, Werkzeuge und Know-how im Rahmen ihrer Fachdisziplinen. Ihre Arbeit wird

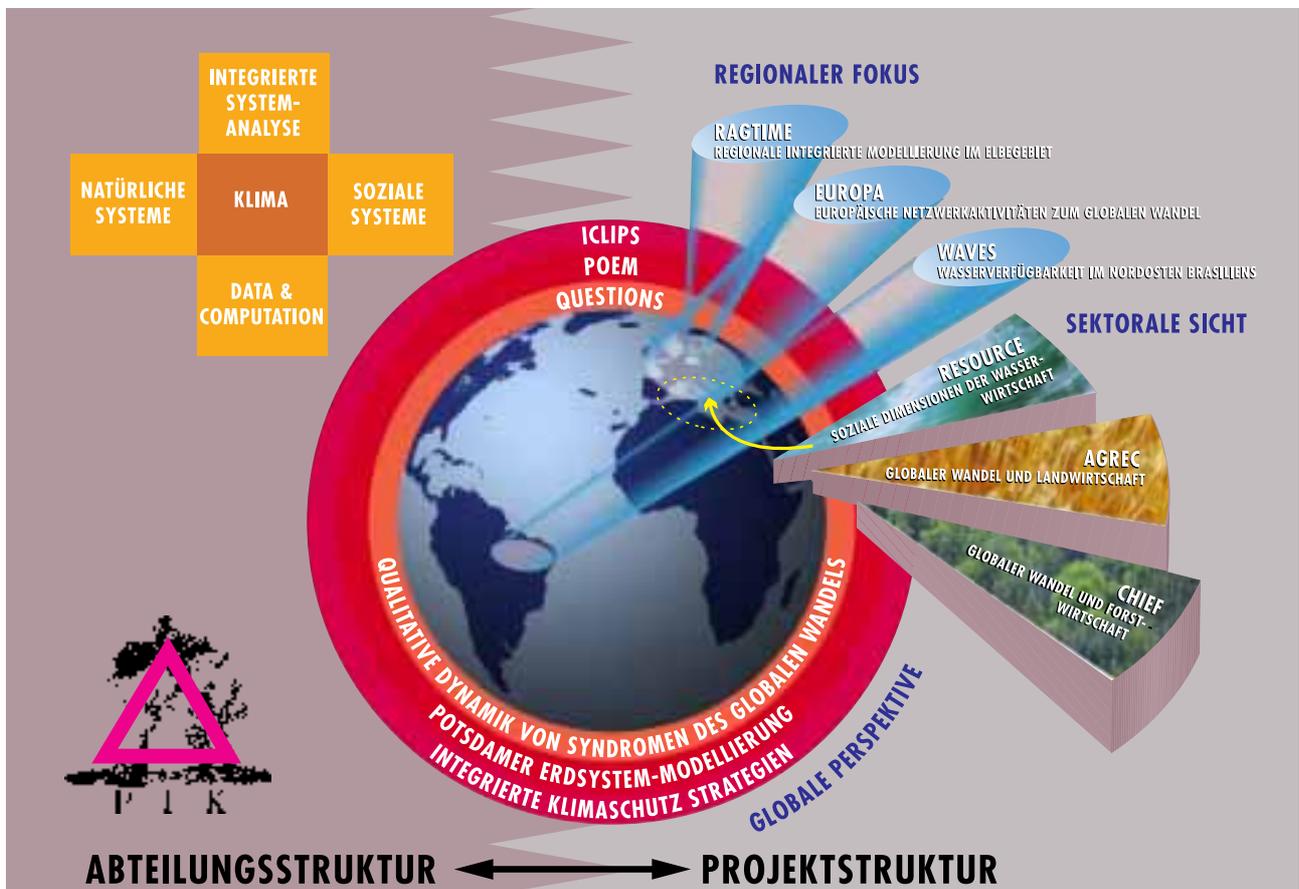
durch die Abteilung *Integrierte Systemanalyse* ergänzt, deren Methoden- und Werkzeugentwicklung vorrangig quer zu den traditionellen Disziplinen ausgerichtet ist.

Die zentrale Forschungsarbeit findet in abteilungsübergreifenden Projekten statt. Die Dynamik des Globalen Wandels und die charakteristischen Muster im System Erde werden im Rahmen transdisziplinärer Schwerpunktthemen untersucht, die bestimmte *Kernprojekte* definieren.

Momentan besteht das Forschungsprogramm aus neun Kernprojekten, die in der Abbildung unten aufgeführt sind und die sich entsprechend ihrer Forschungsthematik wie folgt gruppieren lassen:

- die globale Perspektive,
- der regionale Fokus,
- die sektorale Sicht.

Die Projekte wurden im Verlauf einer internen Evaluierung zahlreicher Vorschläge ausgewählt. An der Entscheidungsfindung war der externe Wissenschaftliche Beirat des PIK wesentlich beteiligt, der auch die jährlichen Fortschritte und Ergebnisse routinemäßig untersucht und Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise, Intensivierung oder Abschwächung bestimmter Aktivitäten oder zum Abschluß eines Projekts gibt.



## Neue Trends in der Forschung zum Globalen Wandel

Die internationale Erdsystemforschung befindet sich momentan in einer bedeutsamen Phase des qualitativen Umbruchs. Das Potsdam-Institut ist entschlossen, dieser Entwicklung angemessenen Rechnung zu tragen und sich mit seiner zukünftigen Forschung zeitlich und inhaltlich darauf einzustellen.

Die "Zweite Kopernikanische Wende" schlägt sich bereits in der internationalen Forschung nieder, die sich in Bezug auf die Untersuchung des Globalen Wandels in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft geändert hat. Dies spiegelt sich am deutlichsten in den derzeitigen Entwicklungen des Internationalen Geosphären-Biosphären Programms (IGBP) sowie des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) wider. Das PIK ist an beiden kognitiven Abenteuern in hohem Maße beteiligt: Drei der IGBP-Kernprojekte, nämlich BAHC, DIS und GAIM, haben ihren Schwerpunkt in Potsdam, und eine ganze Reihe von PIK-Wissenschaftlern hat hochrangige Aufgaben beim dritten IPCC Assessment Report, der 2001 erscheinen soll, übernommen.

Das neue Forschungsparadigma, das sich langsam aber sicher herauskristallisiert, könnte als "Integrierter Systemansatz" bezeichnet werden. Dieser Forschungsansatz orientiert sich an folgenden Punkten:

- (i) an charakteristischen Merkmalen von Umweltproblemen, die multiplen nichtlinearen Wechselwirkungen entspringen und häufig irreguläre Reaktionen auf externe Störungen zeigen ("Singularitäten"),
- (ii) an Regelungs- und Rückkopplungsprozessen, die wissenschaftliche Erkenntnisse und sozialpolitische Entscheidungsfindung miteinander verbinden, zum Beispiel im Bereich des Anpassungs-Managements.

Hier betreten wir weitgehend Neuland, und innovative Methoden, wie die semiquantitative oder mengen-gestützte Modellierung müssen weiterentwickelt werden.

Die Ausgestaltung des vierten IPCC Assessment Reports (die Arbeiten hierzu werden voraussichtlich 2002 beginnen) wird sich bereits an den neuen Herausforderungen orientieren. Das IGBP wird zu diesem Zeitpunkt wahrscheinlich seine momentane Phase der "Synthese" hinter sich gelassen haben und zu einer Kooperation mit anderen Programmen wie zum Beispiel dem International Human Dimensions Programme (IHDP) bereit sein. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Erdsystemanalyse und Nachhaltigkeitswissenschaft.

## Das PIK auf dem Weg zu einem neuen Forschungsprogramm: TOPIK<sup>2k</sup>

Das Potsdam-Institut beabsichtigt, in dieser umfassenden Entwicklung eine aktive Rolle zu spielen und plant daher, in seinem neuen, auf 5 Jahre angelegten Forschungsprogramm – TOPIK<sup>2k</sup> – wesentliche Trends aufzugreifen. Dieses Programm spiegelt nicht nur die allgemeine wissenschaftliche Entwicklung weltweit wider, sondern auch die Empfehlungen des Wissenschaftsrats und des Wissenschaftlichen Beirats des Instituts.

Das neue Forschungsprofil des PIK wird weiterhin auf Projekten aufbauen, die innerhalb einer Matrixstruktur organisiert sind und auf der Zusammenarbeit von Wissenschaftlern in kleinen, leistungsfähigen Gruppen basieren. Die einzelnen Elemente dieser neuen "Master Matrix" werden jedoch genauer spezifiziert als bisher und die Projekte klareren Richtlinien unterworfen. Momentan findet bereits ein breiter PIK-interner Wettbewerb zwischen den neuen Projektideen statt. In der neuen Matrix werden die Projekte so eingebettet, daß die zu bearbeitenden Themen in den Zeilen und die dazu benötigten Werkzeuge in den Spalten zu finden sind. Daraus ergibt sich für jedes Projekt ein spezifisches Muster innerhalb der Master Matrix.

Folgende Themenschwerpunkte, genannt "TOPIKs", werden voraussichtlich in den Zeilen der neuen PIK-Master Matrix stehen:

- Nichtlineare Dynamik der Ökosphäre,
- Sozioökonomische Motorik des Globalen Wandels,
- Emergenz des Globalen Subjekts,
- Sektorale Klimasensibilität,
- Regionale Simulatoren,
- Analyse und Management von Singularitäten,
- ‚PIKante‘ Kultur.



*Blick über den Albert Einstein Wissenschaftspark auf dem Telegrafenberg in Potsdam.*

Jedes neue Projekt muß sich in eines oder in mehrere dieser TOPIKs einfügen. Im Rahmen des letzten TOPIKs sollen Fragen zu Unsicherheiten und zum wissenschaftlichen Diskurs behandelt werden und es soll Platz für ungewöhnliche Ideen sein.

#### *Ressourcen, Methoden und Werkzeuge*

Die Rolle der fünf wissenschaftlichen Fachabteilungen ist nun klarer definiert als früher: Sie besteht in der Entwicklung, Erhaltung und Unterstützung der für Forschungsprojekte benötigten Ressourcen, sowie in der Bewertung der Forschungsergebnisse. Die folgende Liste der charakteristischen wissenschaftlichen Methoden der Abteilungen ist provisorisch, die Entwicklung der Werkzeuge noch nicht abgeschlossen.

#### *Abteilung Integrierte Systemanalyse:*

- Dynamische Systemanalyse,
- Konzepte integrierter Modellierung,
- Unscharfe und Vorgaben-basierte Modellierung,
- Abschätzung unsicherer Einflüsse,
- Analyse zur Entscheidungsfindung.

#### *Abteilung Klimaforschung:*

- Meteorologische Datenbanken,
- Statistische Modelle,
- Klimaszenarien,
- Dynamische regionale Klimamodelle,
- Ozeanmodelle,
- Klimasystemmodelle.

#### *Abteilung Globaler Wandel und Natürliche Systeme:*

- Ökophysiologische Simulationsmodelle,
- Hydrologische Simulationsmodelle,
- Vegetationsdynamikmodelle,
- Generische Ökosystemdynamik-Modelle,
- Datenbanken- und Datenassimilationstechniken.

#### *Abteilung Globaler Wandel und Soziale Systeme:*

- Makro- und Meso-Modelle,
- Mikro-Modelle,
- Mehrebenen-Modelle,
- Konzeptionelle Analyse,
- Dialoge mit potentiellen Nutzern.

#### *Abteilung Data & Computation:*

- Modellierungsumgebung,
- Graphischer Simulationsgenerator,
- Parallelisierungswerkzeuge,
- Unterstützung zur Modellverbesserung,
- Metadatenmodelle und Interfaces,
- Informationstechnische Infrastruktur und Service.

#### **Epilog**

Wir erwarten, daß unsere unter TOPIK<sup>2k</sup> zusammengefaßten Forschungsziele zur Weiterentwicklung des integrierten Systemansatzes beitragen werden. Erdsystemanalyse und –management sind sicherlich außerordentlich schwierige Herausforderungen.



*Hans-Joachim Schellnhuber,  
Direktor des PIK*



*Manfred Stock,  
Stellvertretender Direktor*

*Eine Einsicht, die einst sehr treffend von Alfons X. von Kastilien formuliert wurde: "Wenn mich der Allmächtige vor Beginn der Schöpfung um meine Meinung gefragt hätte, so hätte ich ihm etwas Einfacheres empfohlen."*

# Organigramm des PIK

