



**Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung
Globale Umweltveränderungen (WBGU)**

**Welt im Wandel:
Herausforderung für die
deutsche Wissenschaft**

Jahresgutachten 1996

Kurzfassung

Bonn, 19. Juni 1996

Impressum:

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung
Globale Umweltveränderungen
Geschäftsstelle am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und
Meeresforschung
Postfach 12 01 61
27515 Bremerhaven

Tel.: 0471/4831-349
Fax: 0471/4831-218
Email: wbg@awi-bremerhaven.de

© 1996, WBGU

**Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale
Umweltveränderungen**

(Stand: 1. Juni 1996)

Prof. Dr. Friedrich O. Beese

Agronom: Direktor des Instituts für Bodenkunde und Waldernährung an der Universität Göttingen

Prof. Dr. Gotthilf Hempel

Fischereibiologe: Direktor des Zentrums für Marine Tropenökologie an der Universität Bremen

Prof. Dr. Paul Klemmer

Ökonom: Präsident des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung in Essen

Prof. Dr. Lenelis Kruse-Graumann

Psychologin: Schwerpunkt „Ökologische Psychologie“ an der Fernuniversität Hagen

Prof. Dr. Karin Labitzke

Meteorologin: Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin

Prof. Dr. Heidrun Mühle

Agronomin: Projektbereich Agrarlandschaften am Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle

Prof. Dr. Hans-Joachim Schellnhuber (Stellvertretender Vorsitzender)

Physiker: Direktor des Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Prof. Dr. Udo Ernst Simonis

Ökonom: Forschungsschwerpunkt Technik – Arbeit – Umwelt am Wissenschaftszentrum Berlin

Prof. Dr. Hans-Willi Thoenes

Technologie: Rheinisch-Westfälischer TÜV in Essen

Prof. Dr. Paul Velsing

Ökonom: Leiter des Fachgebiets Raumwirtschaftspolitik an der Universität Dortmund

Prof. Dr. Horst Zimmermann (Vorsitzender)

Ökonom: Abteilung für Finanzwissenschaft an der Universität Marburg

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
Integrierte Forschung zum Globalen Wandel	2
Systemarer Ansatz	2
Syndromkonzept	3
Relevanzkriterien	4
Problemlösungsprozeß	6
Sektorale Forschung zum Globalen Wandel	8
Forschungsorganisation	14
Vorhandene Einrichtungen stärken und bewährte Instrumente nutzen	15
Neue Einrichtungen schaffen	16
Die Forschungsförderung koordinieren	17
Ausblick	18

Einleitung

Erstmals in der Geschichte wirkt sich menschliches Handeln auf die Erde als Ganzes aus. Die daraus resultierenden globalen Umweltveränderungen bestimmen das Verhältnis der Menschheit zu ihren natürlichen Lebensgrundlagen völlig neu. Dieser in seiner Geschwindigkeit einzigartige, vielfach bedrohliche Transformationsprozeß, der als *Globaler Wandel* bezeichnet wird, kann nur verstanden werden, wenn die Erde als *ein* System begriffen wird. Auch für die Wissenschaft ist dies eine große Herausforderung: Sie muß erklären, wie sich das System Erde durch anthropogene Eingriffe verändert, wie umgekehrt diese Prozesse durch die natürliche Veränderung des Erdsystems beeinflußt werden und schließlich, ob und in welchem Maße Steuerungsmöglichkeiten des Globalen Wandels bestehen.

Die Reichweite menschlichen Handelns läßt sich am Beispiel des anthropogenen Klimawandels illustrieren. So tragen die Kohlendioxidemissionen des deutschen Straßenverkehrs dazu bei, daß die Bewohner von 20.000 km entfernten Koralleninseln durch den Anstieg des Meeresspiegels ihrer Heimat beraubt werden. Damit steht die Menschheit nicht nur vor einem ethischen Dilemma, sondern auch vor einem schwierigen, möglichst schnell und kompetent zu beantwortenden wissenschaftlichen Fragenkomplex. Die hier nur beispielhaft angesprochenen Probleme können letztlich nur von *interdisziplinären* und *internationalen* Forschungsverbänden gelöst werden, in denen beispielsweise neben Klimamodellierung und Hydrographie Disziplinen wie Rechtsphilosophie und Kulturanthropologie Gewicht besitzen müssen.

Forschung zum Globalen Wandel, im vorliegenden Gutachten als *GW-Forschung* bezeichnet, stellt somit hohe Ansprüche an Integrationsfähigkeit, Flexibilität und Vorstellungskraft von Wissenschaftlern, Förderinstitutionen und Nutzern. Innovative Leitlinien und Strukturen sind erforderlich, um den jeweiligen Problemkomplex forschungsgerecht zu gliedern und Lösungskompetenz zu erarbeiten. Die „klassische“ Umweltforschung wird diesen Ansprüchen bisher nicht gerecht.

Der Beirat hat in seinen Jahrgutachten 1993, 1994 und 1995 die Kernprobleme des Globalen Wandels identifiziert und beschrieben: einerseits die Veränderungen in der belebten und unbelebten Umwelt des Menschen und andererseits die gesellschaftlichen Veränderungen selbst. Das Jahrgutachten 1996 konzentriert sich auf die Frage nach einer entsprechenden Gestaltung der GW-Forschung und untersucht die Erfolgsbedingungen für eine Stärkung der deutschen Beiträge.

Vielfach ist der Verdacht geäußert worden, der Ruf nach immer neuer Forschung diene dazu, von der Notwendigkeit umweltpolitischen Handelns abzulenken. *Problemlösungsorientierte* Forschung kann jedoch dazu beitragen, die Entscheidungskompetenz im Vorfeld politischen Handelns zu verbessern und ist somit handlungsrelevant.

Der Fokus des vorliegenden Jahrgutachtens geht über die „klassische“ naturwissenschaftliche Umweltforschung hinaus und bezieht so die ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Aspekte des Globalen Wandels mit ein. Die methodische Grundlage hat der Beirat in seinen letzten Jahrgutachten durch die Entwicklung eines integrativen Forschungsansatzes, des *Syndromansatzes*, geschaffen (WBGU, 1993 und 1994). Dieser ermöglicht eine Operationalisierung des für den

Globalen Wandel erforderlichen vernetzten Denkens. Darüber hinaus können so neue Wege zur Gestaltung der GW-Forschung aufgezeigt werden.

In Zeiten knapper öffentlicher Mittel bedarf es klarer Prioritäten und größtmöglicher Effizienz bei der Auswahl und Durchführung von Forschungsvorhaben. Hierfür hat der Beirat *Relevanzkriterien* und *Integrationsprinzipien* für die GW-Forschung erarbeitet, die z.B. auch bei der Gestaltung der Neuauflage des deutschen Umweltforschungsprogramms Anwendung finden können. Der Beirat begrüßt die ressortübergreifende Initiative von BMBF und BMU zum neuen Umweltforschungsprogramm, nachdem bereits mehrere spezielle Programme und Forschungsschwerpunkte der Bundesregierung zur Klima-, Meeres-, Polar- und Ozonforschung im Bereich der GW-Forschung vorliegen.

In seinem Gutachten entwickelt der Beirat Leitlinien für eine notwendige Umstrukturierung und Neuausrichtung in ausgewählten Bereichen, trägt aber auch den gewachsenen Strukturen der deutschen Forschung zum Globalen Wandel Rechnung. Folglich werden zum einen die Ansätze für eine integrierte Forschung beschrieben und an einem Fallbeispiel erläutert, zum anderen aber die klassischen Sektoren der GW-Forschung dargestellt, die deutsche Einbindung in internationale Forschungsprogramme bewertet und sektorale Forschungslücken benannt.

Integrierte Forschung zum Globalen Wandel

Systemarer Ansatz

Der Globale Wandel ist dadurch geprägt, daß die Menschheit heute ein aktiver Systemfaktor von planetarischer Bedeutung ist: Zivilisatorische Eingriffe wie der Abbau von Rohstoffen, die Umlenkung von Stoff- und Energieflüssen, die Veränderung großräumiger natürlicher Strukturen und die kritische Belastung von Schutzgütern verändern das System Erde zunehmend in seinem Charakter. Die Komplexität dieser Prozesse stellt eine große Herausforderung für die Wissenschaft dar. Damit verbunden sind neue Forschungsfragen, deren Beantwortung in den kommenden Jahren an Bedeutung zunehmen wird:

- Wie kommt es zu den Naturveränderungen und wie sind sie mit der globalen Entwicklungsproblematik verknüpft?
- Wie kann man sie frühzeitig erkennen oder vorhersagen?
- Welche Risiken sind mit ihnen verbunden?
- Wie muß der Mensch handeln, um negative Entwicklungen auf globaler Ebene zu verhindern, um drohenden Gefahren zu begegnen bzw, um die Folgen globaler Veränderungen zu minimieren?

Diese Forschungsaktivitäten sollten sich am Leitbild der *nachhaltigen Entwicklung* orientieren. Das entscheidende und inzwischen allgemein anerkannte Element dieses Konzepts ist der untrennbare Zusammenhang zwischen Umwelt und Entwicklung (AGENDA 21). Darin spiegelt sich die Einsicht wider, daß der Mensch und seine Umwelt ein eng miteinander verflochtenes System bilden. Forschung zum Globalen Wandel ist daher mit zwei prinzipiellen Problemen konfrontiert: Zum

einen erzwingt die Untersuchung des Systems Erde einen integrativen Ansatz, denn die Interaktionen reichen über die Grenzen von Disziplinen, Sektoren und Umweltmedien hinweg. Das zweite grundlegende Problem ist die hohe Komplexität der dynamischen Zusammenhänge, die eine übersichtliche Darstellung, Analyse und Modellierung sehr erschwert. Nur eine entsprechend vernetzte und interdisziplinäre Betrachtungsweise kann diesen beiden Problemen gerecht werden. Daher ist die bislang vorwiegend sektoral geprägte Forschung durch einen *systemaren Ansatz* zu ergänzen, der verschiedene disziplinäre Forschungsstränge miteinander verknüpft.

Der Beirat hat eine neue *Methode* für eine Ganzheitsbetrachtung der gegenwärtigen Krise im System Erde vorgeschlagen (WBGU, 1993 und 1994). Als Elemente dieser Beschreibung werden nicht, wie sonst üblich, einfach zu indizierende Basisvariablen, wie z.B. CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, Bevölkerungszahlen oder Bruttosozialprodukt gewählt. Stattdessen werden die wichtigsten Entwicklungen des Globalen Wandels als qualitative Elemente verwendet. Diese werden als *Trends des Globalen Wandels* bezeichnet und geben Auskunft über die dominierenden Merkmale der globalen Entwicklung. Die Trends bilden die Grundlage zur Beschreibung der Entwicklung des Systems Erde. Sie bezeichnen hochkomplexe natürliche oder anthropogene Prozesse, ohne jedoch die internen Vorgänge im Detail aufzulösen.

Auf der Basis von Expertenwissen werden jene Trends ausgewählt, die für den Globalen Wandel besonders relevant sind. Die Trends werden zunächst nicht bewertet, d.h. problematische Vorgänge wie Klimawandel, Schwund von Artenvielfalt oder Bodenerosion stehen neben Trends wie Globalisierung der Märkte oder Fortschritt in der Bio- und Gentechnologie, die je nach Blickwinkel und konkreter Ausprägung negative oder positive Wirkungen haben können. Hinzu kommen Entwicklungen, von denen man sich eine Linderung der globalen Probleme erhofft, wie z.B. Verstärkung des nationalen Umweltschutzes, wachsendes Umweltbewußtsein oder Zunahme internationaler Abkommen.

Die Trends und ihre Interaktionen lassen sich zu einem qualitativen Netzwerk verweben, dem *Globalen Beziehungsgeflecht*, das den Globalen Wandel als System hinreichend beschreibt und einen Ausgangspunkt für weitergehende Analysen der Erdsystemdynamik darstellt. Auf der Grundlage dieser empirisch-phänomenologischen Beschreibung des Globalen Wandels läßt sich auch eine qualitative Modellierung aufbauen, die bereits Gegenstand eines Forschungsprojekts des BMBF ist.

Syndromkonzept

Beziehungsgeflechte lassen sich nicht nur für die globale Ebene entwickeln. Eine regionalisierte Betrachtung des Erdsystems mit diesem Instrument macht deutlich, daß die Interaktionen zwischen Zivilisation und Umwelt in bestimmten Regionen häufig nach typischen Mustern ablaufen. Diese *funktionalen Muster (Syndrome)* sind unerwünschte charakteristische Konstellationen von natürlichen und zivilisatorischen Trends und ihrer Wechselwirkungen, die sich geographisch explizit in vielen Regionen dieser Welt identifizieren lassen. Die Grundthese des Beirats ist, daß

sich die komplexe globale Umwelt- und Entwicklungsproblematik auf eine überschaubare Anzahl von Umweltdegradationsmustern zurückführen läßt.

Die Syndrome zeichnen sich durch einen transsektoralen Charakter aus, d.h. die Problemlagen greifen über einzelne Sektoren (etwa Wirtschaft, Biosphäre, Bevölkerung) hinaus, haben aber immer einen direkten oder indirekten Bezug zu Naturressourcen. Global relevant sind Syndrome dann, wenn sie den Charakter des Systems Erde modifizieren und damit direkt oder indirekt die Lebensgrundlagen für einen Großteil der Menschheit spürbar beeinflussen, oder wenn für die Bewältigung der Probleme ein globaler Lösungsansatz erforderlich ist. Im vorliegenden Gutachten wird der Versuch unternommen, die global bedeutsamen Krankheitsbilder der Erde zu identifizieren (Kasten „Syndrome“).

Für die Forschung zum Globalen Wandel kann das Syndromkonzept eine neue Grundlage bieten. Gegenwärtig ist diese Forschung noch stark durch die Aufteilung ihrer Erkenntnisobjekte nach Sektoren geprägt. Mit Blick auf die Desiderate für die GW-Forschung – *Interdisziplinarität, Internationalität und Problemlösungskompetenz* – liegt es nahe, künftige Umweltforschung transdisziplinär zu strukturieren. Das Syndromkonzept des WBGU zeigt hier eine neue, konkrete Gestaltungsmöglichkeit auf. Deshalb wird vorgeschlagen, für die Gestaltung der Forschung zum Globalen Wandel künftig die Syndrome als zentrale Untersuchungsgegenstände heranzuziehen.

Relevanzkriterien

Die existentielle Bedeutung des Globalen Wandels für die künftige Entwicklung der Menschheit, sowie die Einmaligkeit, Komplexität, Vielfalt und Dynamik der damit verbundenen Phänomene, machen zusätzliche forschungspolitische Relevanzkriterien erforderlich. Mit Hilfe solcher Maßstäbe kann sowohl die Forschungstätigkeit am Querschnittscharakter der Umweltthematik orientiert als auch eine rationale Prioritätensetzung in Zeiten knapper Mittel erzielt werden. Der Beirat schlägt vor, in Deutschland bei der Auswahl von Forschungsthemen zum Globalen Wandel künftig insbesondere die folgenden Kriterien heranzuziehen.

- *Globale Relevanz*: Werden Leitparameter, Grundmuster oder Kernprobleme im System Erde untersucht? Ist eine große Zahl von Menschen von dem Problem betroffen? Läßt die Forschung neue Optionen zur Steuerung des Umwelt- und Entwicklungsprozesses erwarten?
- *Dringlichkeit*: Ist eine rasche Beantwortung der Fragestellung erforderlich, um irreversible ökologische oder sozioökonomische Fehlentwicklungen zu vermeiden?
- *Wissensdefizit*: Können gravierende Lücken in der angestrebten Ganzheitsbetrachtung der globalen Umwelt und ihrer Dynamik geschlossen werden?
- *Verantwortung*: Werden Probleme erforscht, an deren Entstehen Deutschland unmittelbar (z.B. durch Treibhausgasemissionen) oder mittelbar (z.B. als Teilnehmer am Weltmarkt) beteiligt ist? Berührt die Thematik allgemeine ethische Grundsätze (z.B. Bewahrung der Schöpfung)?
- *Betroffenheit*: Werden Probleme erforscht, die eine unmittelbare (z.B. Klimafol-

KASTEN: Übersicht über die Syndrome des Globalen Wandels

Syndromgruppe „Nutzung“

1. Landwirtschaftliche Übernutzung marginaler Standorte: *Sahel-Syndrom*
2. Raubbau an natürlichen Ökosystemen: *Raubbau-Syndrom*
3. Umweltdegradation durch Preisgabe traditioneller Landnutzungsformen: *Landflucht-Syndrom*
4. Nicht-nachhaltige industrielle Bewirtschaftung von Böden und Gewässern: *Dust-Bowl-Syndrom*
5. Umweltdegradation durch Abbau nicht-erneuerbarer Ressourcen: *Katanga-Syndrom*
6. Erschließung und Schädigung von Naturräumen für Erholungszwecke: *Massentourismus-Syndrom*
7. Umweltzerstörung durch militärische Nutzung: *Verbrannte-Erde-Syndrom*

Syndromgruppe „Entwicklung“

8. Umweltschädigung durch zielgerichtete Naturraumgestaltung im Rahmen von Großprojekten: *Aralsee-Syndrom*
9. Umweltdegradation durch Verbreitung

standortfremder landwirtschaftlicher Produktionsverfahren: *Grüne-Revolution-Syndrom*

10. Vernachlässigung ökologischer Standards im Zuge hochdynamischen Wirtschaftswachstums: *Kleine-Tiger-Syndrom*
11. Umweltdegradation durch unregelmäßige Urbanisierung: *Favela-Syndrom*
12. Landschaftsschädigung durch geplante Expansion von Stadt- und Infrastrukturen: *Suburbia-Syndrom*
13. Singuläre anthropogene Umweltkatastrophen mit längerfristigen Auswirkungen: *Havarie-Syndrom*

Syndromgruppe „Senken“

14. Umweltdegradation durch weiträumige diffuse Verteilung von meist langlebigen Wirkstoffen: *Hoher-Schornstein-Syndrom*
15. Umweltverbrauch durch geregelte und unregelmäßige Deponierung zivilisatorischer Abfälle: *Müllkippen-Syndrom*
16. Lokale Kontamination von Umweltschutzgütern an vorwiegend industriellen Produktionsstandorten: *Altlasten-Syndrom*

gen) oder mittelbare Wirkung (z.B. Umweltflüchtlinge) auf Deutschland haben könnten?

- *Forschungs- und Lösungskompetenz*: Handelt es sich um Themen, bei denen Deutschland aufgrund seiner wissenschaftlichen, technologischen und infrastrukturellen Potentiale wichtige Beiträge leisten kann? Kann die Bearbeitung der Fragestellung zur weiteren Verbesserung dieses Potentials und damit zur Stärkung des „Standorts Deutschland“ führen?

Da es weder möglich noch sinnvoll ist, daß sich die deutsche Forschung zum Globalen Wandel gleichzeitig mit allen Syndromen befaßt, sollten mit Hilfe dieser Kriterien Prioritäten gesetzt werden. Zudem wäre bei der Bearbeitung der Syndrome eine internationale Arbeitsteilung anzustreben. Eine anhand der Relevanzkriterien durchgeführte WBGU-interne Umfrage hat eine erste Reihung der Syndrome erbracht. Hierbei fallen sieben Problemkomplexe in die oberste Prioritätsklasse (alphabetische Reihung):

- *Altlasten-Syndrom*
- *Dust-Bowl-Syndrom*
- *Hoher-Schornstein-Syndrom*
- *Massentourismus-Syndrom*

- Müllkippen-Syndrom
- Sahel-Syndrom
- Suburbia-Syndrom

Konkret wird empfohlen,

1. das Syndrom-Konzept im Rahmen einer Veranstaltungsreihe mit Wissenschaftlern und Entscheidungsträgern aus verschiedenen gesellschaftlichen Sektoren zu diskutieren und zu verbessern. Dabei kann insbesondere die jetzige Syndrom-Liste noch modifiziert werden;
2. eine Rangordnung der Syndrome mit Hilfe einer methodisch vorbereiteten *Delphi-Studie* vorzunehmen;
3. bereits jetzt drei Forschungsnetzwerke aus schon bestehenden Einrichtungen für die exemplarische Untersuchung der Syndrome *Hoher-Schornstein*, *Sahel* und *Suburbia* einzurichten. Diese integrierten Studien könnten die Funktion von Leitprojekten im Sinne des derzeit entstehenden, neuen Umweltforschungsprogramms der Bundesregierung erfüllen.

Problemlösungsprozeß

Forschung zu umweltpolitischen Entscheidungsprozessen bezog sich bisher hauptsächlich auf Probleme nationaler Umweltpolitik. Zwar sind Erkenntnisse hieraus auch für den umweltpolitischen Entscheidungsprozeß im internationalen und globalen Rahmen von Bedeutung, jedoch ist die Sachlage deutlich komplexer. Globale Probleme sind oft langfristiger Art, was größere Schwierigkeiten für Diagnose und Prognose mit sich bringt. Dadurch ergeben sich besondere Anforderungen an Frühwarnsysteme und Planungsinstrumente, aber auch an Forschungsmethoden und -instrumente. Globale Probleme sind zudem deutlich komplexer als nationale Umweltprobleme, was sich auch auf den Prozeß der politischen Konsensfindung und auf die Wahl der Instrumente auswirkt. Nicht zuletzt sind auch die Zielkonflikte international in aller Regel schwerer zu lösen als national, bedingt durch Unterschiede in Kultur, Religion, vor allem aber des Entwicklungsstandes.

Forschungsmethoden und -ansätze zur nationalen Umweltpolitik sind daher so anzupassen, daß sie auch auf die Elemente des Entscheidungsprozesses zu globalen Umweltveränderungen angewendet werden können. Dazu wird hier nicht auf einzelne Disziplinen abgestellt. Es geht vielmehr darum, die Elemente des Problemlösungsprozesses zu strukturieren und dann zu fragen, welche Disziplinen hierzu schon beigetragen haben bzw. im Rahmen einer interdisziplinären Forschung verstärkt beitragen sollten.

Folglich ist zunächst zu prüfen, welche Ergebnisse bereits vorliegen und welche Ergänzungen erforderlich sind. Folgende Elemente eines Problemlösungsprozesses lassen sich unterscheiden:

- *Problemaufbereitung*. Der Problemlösungsprozeß zum Globalen Wandel beginnt mit der Problemanalyse, d.h. der Identifizierung von Ursachen und Wirkungen sowie der Abschätzung zukünftiger Entwicklungen (*Prognose*). Angesichts der Komplexität der hier zu erforschenden Sachverhalte und der dafür notwendigen integrierten Forschungsansätze bedarf es daher für die Problemebe-

schreibung und -erklärung sowie für die Prognose einer entsprechenden Methodik, wie z.B. der *Systemforschung*.

- *Leitbilder und Ziele*. Im Anschluß an die Problemanalyse sind Leitbilder und Ziele zu definieren. Ein besonderes Defizit sieht der Beirat in der *Leitbildforschung*, die auf das Konzept der nachhaltigen Entwicklung auszurichten und mittels entsprechender Handlungsmaximen und Indikatoren zu konkretisieren ist.
- *Träger*. Eine Politik zur Beeinflussung globaler Umweltveränderungen bedarf entsprechender Träger auf verschiedenen Ebenen (global, regional, national, lokal). Da auf der zwischenstaatlichen Ebene souveräne Staaten agieren, bedürfen vor allem die dort ablaufenden Entscheidungs- und Handlungsmechanismen besonderer Aufmerksamkeit. Die Problematik der *Trägerkonstellation* und eines *effektiven Zusammenwirkens* der Träger ist daher genauer zu untersuchen. Hierfür sind geeignete Methoden auszuwählen bzw. weiterzuentwickeln, so z.B. die *Spieltheorie*.
- *Instrumente*. Die Durchsetzung der Ziele erfolgt mittels der im Rahmen globaler Umweltpolitik zur Verfügung stehenden bzw. zu entwickelnden Instrumente. Diese sind hinsichtlich ihrer Durchsetzbarkeit und Wirksamkeit zu untersuchen und fortzuentwickeln. Insbesondere ist dabei Forschung zu übergreifenden Instrumenten, etwa den *Konventionen* erforderlich, aber auch zu den in ihrem Rahmen wirksamen Teilinstrumenten.
- *Implementierung*. Im Anschluß an die Vereinbarung internationaler Abkommen stellt sich die Frage nach deren Umsetzung und Durchführung (Implementierung) sowie nach Möglichkeiten der *Sanktionierung*. Die dabei auftretenden Hindernisse sind angesichts der Tatsache, daß Problemlösungsprozesse gerade in diesem Stadium oft stagnieren, genauer zu analysieren.
- *Entscheidungs- und Risikoforschung*. Übergreifend zur Begleitforschung hinsichtlich der genannten Elemente des Entscheidungsprozesses, vor allem aber zur Trägerproblematik und zur Wirksamkeit der Instrumente, sind *Entscheidungs- und Risikoforschung* voranzutreiben, da sie zwei spezifische Merkmale des Problemlösungsprozesses zum Globalen Wandel untersuchen: das Problem der Konsensfindung bei teilweise fundamentalen Interessensgegensätzen sowie den Umgang mit unsicherem Wissen.

Sektorale Forschung zum Globalen Wandel

In diesem Kapitel beschreibt das Gutachten den gegenwärtigen Stand der deutschen sektoralen Forschung zum Globalen Wandel, einschließlich der internationalen Einbindung, und benennt Forschungslücken.

Klima- und Atmosphärenforschung

Der hohe Stand der deutschen Forschung auf diesem Gebiet muß durch kontinuierliche Weiterentwicklung der vorhandenen Infrastruktur erhalten werden. So ist z.B. die deutsche Klimaforschung in den auf die Erstellung von gekoppelten Ozean-Eis-Atmosphäre-Modellen ausgerichteten Sektoren dank der kontinuierlichen Förderung durch den BMBF, die Max-Planck-Gesellschaft sowie durch die DFG inter-

national führend. Diese Stellung kann nur durch eine gute Personalpolitik, die fortlaufende Modernisierung der Rechnerkapazitäten und ständige Modellpflege erhalten werden. Aufgabenfelder mit hoher GW-Relevanz sind:

- Weiterentwicklung von gekoppelten *Ozean-Eis-Atmosphäre-Modellen* zur Klimavorhersage in verschiedenen Raum-Zeitskalen sowie von integrierten Modellen der Klimawirkungsforschung.
- Erforschung des *Paläoklimas* mit Hilfe von Eisbohrkernen sowie von marinen und limnischen Sedimenten. Hier fehlen insbesondere Daten aus den Tropen und von der Südhemisphäre.
- Weiterführung bzw. Aufbau von Messungen der *Zusammensetzung der Atmosphäre* (verschiedene Leitsubstanzen) an ausgewählten Stationen in Deutschland und Nordeuropa (Stratosphärenbeobachtung) sowie auf See und in den Tropen (Troposphäre) im Rahmen internationaler Programme.
- Systematische Analyse bereits vorhandener Daten aus verschiedenen atmosphärischen Bereichen zum besseren Verständnis der *Variabilität* des Klimas.
- Entwicklung und Auswertung von *Satellitenexperimenten* zur Messung von klimarelevanten Parametern und Spurengasen.
- Untersuchung des Einflusses von *Aerosolen und Wolken* auf das Klima.
- Experimentelle Untersuchungen der *Troposphärenchemie* (Flugzeugeinsatz) in niederen Breiten.

Klima- und Atmosphärenforschung im engeren Sinne wird primär von den Naturwissenschaften getragen. Die Forschung zu den Wirkungen des Globalen Wandels (insbesondere *Klimawirkungsforschung*) muß dagegen weit über die Naturwissenschaften hinausgehen. Erforderlich ist die

- verstärkte Entwicklung von *Integrierten Regionalmodellen*,
- Organisation von fach- und institutionenübergreifenden *Forschungsnetzwerken* zur Untersuchung sektoraler und politikrelevanter Fragestellungen.

Hydrosphärenforschung

Ähnlich wie in der Klimaforschung muß der hohe Stand der deutschen Forschung auf diesem Gebiet durch kontinuierliche Weiterentwicklung der vorhandenen Infrastruktur erhalten werden. Wichtig ist die feste Einbindung in die IGBP-Kernprojekte JGOFS, GLOBEC und LOICZ. Aufgabenfelder mit hoher GW-Relevanz sind:

- Entwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen eines operationellen *Ozeanbeobachtungsnetzes* (GOOS).
- Erforschung der menschlichen Einflüsse auf Randmeere und Küstengebiete sowie die Entwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen für ein *integriertes Management* von Küstenregionen.
- Erforschung der *Polarmeere* unter klimatologischen Gesichtspunkten.

Zu den globalen Aspekten des Wasserhaushalts besteht hoher Forschungsbedarf hinsichtlich der ökologischen Wirkungsgeflechte von Klima, Vegetation und Anthroposphäre und – darauf aufbauend – der Entwicklung einer dauerhaft umweltgerechten, die Wasserressourcen langfristig sichernden Landnutzung im Sinne der IGBP-Kernprojekte LUCC und BAHC. Süßwasser ist vital für alle Bereiche des Lebens und der Gesellschaft. Es ist Nahrungsmittel, Kulturgut und Produk-

tionsfaktor zugleich. Der WBGU mißt dem Ausbau der Forschung über Süßwasser große Bedeutung zu. Aufgabenfelder mit hoher GW-Relevanz sind:

- Erforschung der Bedingungen der *Ausweitung des Wasserdargebots* für eine wachsende Weltbevölkerung.
- Erforschung der Bedingungen der *sparsamen und nachhaltigen Wassernutzung*, im Sinne des sorgfältigen Umgangs mit Wasser in den verschiedenen Verwendungsbereichen (Landwirtschaft, Industrie, Haushalte) und der gerechten Zuteilung des verfügbaren Wassers (intra- und intergenerationelle Gerechtigkeit).
- Erforschung der Bedingungen einer *Prävention von Verschmutzung* bei Oberflächengewässern und den Grundwasservorräten.

Dabei geht es letztlich um die Entwicklung von Modellen über die Dynamik des regionalen und globalen Wasserhaushalts mit seinen Rückkopplungen zum Klimasystem, zur Biosphäre und zur Anthroposphäre.

Bodenforschung

Die Bodenforschung ist zwar primär lokal und regional orientiert, sie muß aber die globalen Veränderungen im Klima, Wasserhaushalt und in der Beanspruchung der Böden durch den Menschen einbeziehen. Besonders wichtig in diesem Zusammenhang sind die folgenden Arbeitsgebiete:

- Quantifizierung der *Funktionen* von Böden als Speichergröße in den biogeochemischen Kreisläufen des Kohlenstoffs, Stickstoffs und des Schwefels sowie der mit diesen Elementen verbundenen, klimarelevanten Spurengase. Abschätzung der möglichen Beeinflussung der Umsetzungsprozesse durch den Klima- und Nutzungswandel.
- Degradation von Böden infolge nutzungsbedingter *Entkoppelungen von Stoffkreisläufen*. Bedeutung für die Produktivität und nachhaltige Nutzbarkeit von Böden sowie die Stabilität der Empfängersysteme. Untersuchungen auf lokaler, regionaler und globaler Ebene.
- Wirkungen partikulärer und gelöster bodenbüdiger Stoffe (Abtrag, Auswaschung) auf die biotischen Komponenten limnischer und mariner Nachbarökosysteme (Schwerpunkt Flüsse, Riffe und Mangroven).
- Intensivierung des Einsatzes der *Fernerkundung* für die Erdbeobachtung und der Computersimulation zur Beschreibung der Veränderungsdynamik terrestrischer Ökosysteme auf regionaler und globaler Ebene.

Biodiversitätsforschung

Unter dem Gesichtspunkt des Globalen Wandels steht die Bedeutung der Biodiversität für die Funktionen, die Stabilität und Entwicklung von Ökosystemen im Zentrum der Empfehlungen. Bislang ist die deutsche Biodiversitätsforschung noch zu wenig interdisziplinär und international orientiert. Auch die weite Begriffsfassung und die damit verbundene übergreifende Zusammenarbeit der Biowissenschaften mit den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften hat sich noch nicht genügend durchgesetzt. Im einzelnen empfiehlt der Beirat eine Schwerpunktsetzung auf folgenden Gebieten:

- Grundlage für die Abschätzung, Erhaltung oder Wiederherstellung der Biodiversität ist eine *moderne Taxonomie*, die auch die molekularbiologischen Metho-

den unter Verwendung fortgeschrittener Datenverarbeitungsmethoden intensiver nutzt. Dieser Bereich bedarf eines dringenden Ausbaus in Forschung und Lehre, da nur so eine Einbindung deutscher Forscher in internationale Projekte zur Inventarisierung von Arten und zur biogeographischen Erhebung von Biodiversität möglich wird.

- Ein weiterer Schwerpunkt sollte auf den Fragen nach der *Vereinbarkeit von Schutz und Nutzung terrestrischer und aquatischer Ökosysteme* liegen. Insbesondere die Zusammenhänge zwischen Diversität, Stabilität und Leistung von Ökosystemen müssen verstärkt angegangen werden. Eine wichtige Rolle spielt hierbei der Aufbau einer naturschutzorientierten populationsbiologischen Forschung. Dabei muß weit über die bisher verfolgten Ansätze des Biotop- und Artenschutzes hinausgegangen werden.
- Auf Erkenntnissen aufbauend, die aus den vorgenannten Themenbereichen gewonnen werden, muß die Forschung zu den *Auswirkungen von Umweltveränderungen* unterschiedlicher Qualität, Intensität und Dynamik auf Populationen, Ökosysteme und ökosystemare Leistungen (wie z.B. biogeochemischer Stoffkreisläufe) hohe Priorität haben.
- Ein weiteres wichtiges Forschungsgebiet sind die Fragen, die im Zusammenhang mit den *internationalen politischen Bemühungen* um den Schutz und die nachhaltige Nutzung von Biodiversität gestellt werden. Biodiversitätsökonomie und politikwissenschaftliche Forschung zur Ausgestaltung von Konventionen sind besonders dringlich.

Bevölkerungs-, Migrations- und Urbanisierungsforschung

Fragen der Bevölkerungsentwicklung, Migration und Urbanisierung sind für die Analyse und Bewältigung globaler Umweltprobleme von zentraler Bedeutung. Bevölkerungswachstum und Armut zählen zu den wichtigsten Triebkräften dieser Entwicklung, die für die Industrieländer in erster Linie durch einen stark zunehmenden Wanderungsdruck spürbar wird. Forschung zur Analyse, Prognose und Bewältigung dieses Problemkomplexes ist in Deutschland nur unzureichend entwickelt, sowohl hinsichtlich der theoretischen Grundlagen als auch empirischer Fallstudien und Modellsimulationen:

- Die *Stadt-Umland Beziehungen* müssen unter Beachtung der Transferleistungen zwischen städtischer Außenorientierung und ländlicher Subsistenzwirtschaft neu untersucht und bewertet werden (Umkehrung des Push-Pull-Ansatzes).
- Bei der Forschung zur *internationalen Migration* wird die Identifikation potentieller Quell- und Zielgebiete und der Austauschbeziehungen immer wichtiger. Insbesondere müssen die wanderungsrelevanten Motivstrukturen systematisch erfaßt werden.
- Die *Determinanten individueller Wanderungsentscheidungen* müssen im Rahmen ihrer soziokulturellen Einbettung und im Haushaltskontext ermittelt werden. Die herkömmliche Flowanalyse ist durch eine Migrationssystemforschung zu ergänzen.
- *Fehl-, Unterernährung und Hunger* zählen zu den wesentlichen Ursachen von Migration. Forschungen zu Ernährungssicherung und Wasserverfügbarkeit müssen daher weiter ausgebaut werden.

- Der *informelle Sektor* spielt zur Aufrechterhaltung eines Minimums an sozialer Sicherheit eine zentrale Rolle für die städtischen Armen. Seine Entwicklungspotentiale müssen daher intensiv erforscht werden.
- Unsere Kenntnis über neu entstehende *Großagglomerationen und Megastädte* und ihre Einbindung in das globale System ist noch unvollständig. Auch die informell gebaute Stadt ist noch wenig erforscht. Um das Funktionieren der „ungeplanten“ Megastädte zu verstehen, muß der Systemzusammenhang dieser urbanen Strukturen untersucht werden.
- Die Vorbereitungen zur zweiten *Wellsiedlungskonferenz (HABITAT II)* machen deutlich, daß die Schaffung „angemessenen“ Wohnraumes ein zentrales Element für das Wohlergehen von mehr als einer Milliarde Menschen darstellt. Problemlösungsorientierte Forschung sollte zusätzlich auch im Kontext *internationaler Konferenzen* entsprechend durchgeführt werden (Vor- und Nachbereitung).

Ökonomische Forschung

Der Beirat sieht für den Bereich der global relevanten ökonomischen Forschung Bedarf vor allem zu den folgenden drei Themenkomplexen:

- *Forschung zu Zielen und Wirkungen globaler Umweltpolitik.* Hier sollte ein Schwerpunkt auf den Fragen der *Operationalisierung* des Leitbilds der Nachhaltigkeit von ökonomischer Entwicklung liegen. Dies verlangt vor allem die Bestimmung der essentiellen, d.h. nicht substituierbaren Elemente des Naturkapitals, die Schätzung der Kosten unterlassenen Umweltschutzes, die Bewertung der intra- und intergenerationellen Verteilungsfragen, hier vor allem die wissenschaftliche Diskussion um eine „richtige“ Diskontierung, sowie die Konkretisierung von Kriterien der Ökonomie- bzw. Sozialverträglichkeit nachhaltiger Entwicklung.
- *Forschung zu den Trägern globaler Umweltpolitik.* Ein Forschungsschwerpunkt sollte sich hierbei auf die *ökonomische Analyse* des Verhaltens der global relevanten Akteure – politische wie private (etwa multinationale Konzerne) konzentrieren. Unter anderem geht es darum, strategische Verhaltensoptionen zu entwickeln, die für eine überwiegende Mehrheit der Beteiligten vorteilhaft sind.
- *Forschung zu den Instrumenten globaler Umweltpolitik.* Angesichts der Tatsache, daß auf der globalen Ebene planungs-, ordnungs- und steuerrechtliche Lösungen nur begrenzt zur Verfügung stehen, erfolgt die Umsetzung von Umweltbelangen in der Regel über *Verträge bzw. Konventionen* und *ökonomische Anreize*. Insofern sollte sich die instrumentelle Forschung auf die Weiterentwicklung der Zertifikatslösung (einschließlich *joint implementation*), des Haftungsrechts und auf Fondslösungen konzentrieren. Parallel dazu interessiert die Frage möglicher Sanktionsmechanismen im Falle mangelnder Vertragstreue.

Forschung zur gesellschaftlichen Organisation

Die umweltbezogene politikwissenschaftliche Forschung war bislang hauptsächlich national orientiert, ihre globale Perspektive muß deutlich verstärkt werden. Dabei sind die Probleme der Schwellenländer mit ihrer wachsenden Bedeutung für den Globalen Wandel von besonderem Interesse. Für global orientierte umweltspo-

litische Konzepte müssen dabei die soziokulturellen, ökonomischen und völkerrechtlichen Rahmenbedingungen beachtet werden.

Der Fokus auf klimarelevante Forschung in der internationalen umweltpolitischen Forschung muß durch Betrachtung anderer Problemfelder wie Bodendegradation, Verlust biologischer Vielfalt, Wasserverknappung und -verschmutzung ergänzt werden. Angesichts der Diskrepanz zwischen Umweltbewußtsein und tatsächlich umgesetzter Sachpolitik sollten Fragen der politischen Willensbildung sowie der Implementierung völkerrechtlicher Übereinkommen vorranglich untersucht werden. Darüber hinaus muß sich die politikwissenschaftliche Forschung intensiv mit Fragen der Prävention ökologischer Konflikte befassen. Besonders folgende Aufgaben sind zu lösen:

- Untersuchung der sozioökonomischen und politischen sowie kulturell bedingten *Handlungsrestriktionen* und damit verbundener Implementationsprobleme bei umweltvölkerrechtlichen Übereinkommen.
- Entwicklung von Konzepten, auf deren Basis *Lösungsstrategien* für den Umgang mit charakteristischen Erschwernissen globaler Problemlösungsprozesse (*global commons*, Frage der *compliance* etc.) ansetzen können.
- Analyse der *Funktionsweise internationaler Verhandlungssysteme*, vor allem unter dem Aspekt der Unsicherheit des Wissens über globale Umweltveränderungen und, darauf aufbauend, Entwicklung von Konzepten zum Umgang mit Entscheidungen unter Unsicherheit.

In bezug auf den Globalen Wandel stehen die *Rechtswissenschaften* vor der Frage nach den rechtlichen Möglichkeiten, im globalen Rahmen zur Verabschiedung und Durchsetzung wirksamer Maßnahmen zu kommen. Es geht dabei z.B. um Probleme der rechtlichen Würdigung der Einschränkung nationaler Souveränität, des Völkergewohnheitsrechts und der ökologischen Solidarität. Vor diesem Hintergrund empfiehlt der Beirat, vor allem folgende Rechtsfragen aufzugreifen:

- Klärung des Bestandes an *außervertraglichen Normen* und des *Völkergewohnheitsrechts* im Hinblick auf globale Umweltprobleme mit dem Ziel, auf globale Umweltprobleme flexibler reagieren zu können.
- Begründung einer *allgemeinen ökologischen Solidaritätspflicht* für Industriestaaten gegenüber Entwicklungsländern.
- Klärung des *Status* von Nichtregierungsorganisationen im zwischenstaatlichen Recht.
- Klärung der Rechtsfragen bei *Schäden* aufgrund globaler Umweltveränderungen.
- Fortentwicklung von *Durchsetzungsmechanismen*, *Entscheidungsverfahren* und *Streitschlichtungsmechanismen* bei zwischenstaatlichen Verträgen.

Forschung zur psychosozialen Sphäre

Von den für die psychosoziale Sphäre relevanten Wissenschaftsdisziplinen werden zunehmend Fragestellungen aufgegriffen, die für die Analyse der Ursachen und Wirkungen des Globalen Wandels sowie für problemorientierte Interventionsmaßnahmen bedeutsam sind. In Deutschland ist diese Forschung insgesamt noch wenig entwickelt, und die meisten Projekte werden einzeldisziplinär und dezentral durchgeführt. Vorzugsweise im Rahmen von Gemeinschaftsprojekten sollten folgende Themen aufgegriffen werden:

- *Leitbildforschung* zur nachhaltiger Entwicklung, von den ethischen Grundsätzen bis hin zu Operationalisierungen und empirischen Analysen.
- Untersuchungen zu den *Bedingungen GW-relevanter Verhaltensweisen* (Wahrnehmung und Bewertung von GW-Phänomenen, Motivation des Handelns usw.) und zu Strategien von Verhaltensänderungen.
- Untersuchung und Evaluation von *Interventionsmaßnahmen* (in konkreten Kontexten mit spezifischen Akteursgruppen) im Hinblick auf die Wechselwirkungen von technischen, ökonomischen, rechtlichen und psychosozialen Maßnahmen.
- Entwicklung, systematischer Einsatz und Evaluation *GW-relevanter Bildungsmaßnahmen* für alle Bildungsebenen.
- Entwicklung und Etablierung eines weltweiten, umfassenden Systems für *social monitoring* (analog zum *environmental monitoring*).

Im Rahmen dieser Aufgaben bedarf es verstärkt kulturspezifischer und kulturvergleichender Erforschung der gesellschaftlichen Akteure durch umfassende, disziplinübergreifende Fallstudien sowie der Ausdehnung räumlicher Kontexte und Zeitskalen der Untersuchungen.

Technologische Forschung

Technologische Forschung bietet einen Schlüssel zur Bewältigung des Globalen Wandels. Dies gilt besonders für Arbeiten zur *Weiterentwicklung von Energietechnologien* mit dem Ziel einer umwelt-, wirtschaftlich- und sozialverträglichen Energieinfrastruktur. Der Schwerpunkt sollte auf Forschung und Entwicklung verschiedener Energieoptionen liegen, dazu gehören u.a.:

- Forschung zur Photovoltaik.
- Forschung zur Nutzung von Windkraft, vor allem in Entwicklungsländern.

Der Beirat empfiehlt ferner die Förderung von Forschungsprogrammen zur Klimarelevanz des Flugverkehrs und zu seiner umweltverträglicheren Weiterentwicklung. Im Schnittstellenbereich von Technik und Ökonomie schlägt der Beirat für globale Umweltveränderungen u.a. folgende Forschungsthemen vor:

- Überprüfung der Eignung und Wirkung des *joint-implementation-Ansatzes* (Kompensationsprinzip) zur Treibhausgasreduktion.
- Entwicklung von kosteneffizienten *Minderungsstrategien für Treibhausgasemissionen* bei simultaner Berücksichtigung aller klimawirksamen Spurengase.
- Erforschung von *CO₂-Rückhalte- und Speichertechniken* unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten.
- Analyse und Quantifizierung der Auswirkungen von *Treibhausgasminderungsstrategien* auf die Emissionen anderer atmosphärischer Massenschadstoffe und anderer Umweltproblematiken.
- Entwicklung von kosteneffizienten *Minderungsstrategien für Ozon* in der Troposphäre.
- Entwicklung *logistikorientierter Produktionsprozesse* (z.B. Reduzierung der Transportwege im Produktionsprozeß).
- Identifikation *umweltverträglicher Industrialisierungspfade* in Entwicklungs- und Schwellenländern, unter Beachtung der vor Ort vorhandenen technischen und personellen Potentiale.

Forschungsorganisation

Erhebliche Verbesserungen in der Struktur der deutschen Forschung sind erforderlich, um sie den Bedürfnissen einer modernen GW-Forschung anzupassen. Dazu gehören einerseits Verbesserungen an den vorhandenen Instituten, Anreize für neuartige Forschungsvorhaben vor allem an den Hochschulen und eine Stärkung der Koordination der Forschung und der Forschungsförderung. Der Forderung nach Stärkung der Forschung steht die Verknappung der öffentlichen Haushaltsmittel gegenüber. Sie verhindert weitgehend Zuwächse in den Stellenplänen und Sachhaushalten und nimmt durch unselektive Stellenkürzungen den Instituten die Möglichkeit, neue Forschungswege zu beschreiten. Trotzdem werden die knappen öffentlichen Mittel zu einer restriktiven Rahmenbedingung, die bei den organisatorischen Empfehlungen berücksichtigt werden muß. Sie zwingt, über effizienzsteigernde Strukturveränderungen nachzudenken. Trotz vieler Probleme bietet die gewachsene deutsche Forschungslandschaft nämlich viele Vorteile.

Die Vorteile der föderalen und pluralistischen Struktur mit ihrer Vielzahl und Vielfalt unterschiedlich großer Forschungseinheiten liegen in der Möglichkeit, daß einzelne Gruppen flexibel neue Fragen aufgreifen und sich Partner wählen können, besonders, wenn dazu wissenschaftliche Anstöße gegeben werden und finanzielle Anreize kommen. Andererseits behindert diese feingliedrige Struktur den Einsatz starker Kräfte unter einem Leitthema und die Durchführung langfristiger Projekte internationaler Programme.

Für die nationale Umweltforschung hat der Wissenschaftsrat (1994) auf diese Schwierigkeiten hingewiesen und besondere Empfehlungen hinsichtlich der fächerübergreifenden Behandlung von Umweltthemen an den deutschen Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen erarbeitet. Für die Forschung zum Globalen Wandel mit ihren starken internationalen Bezügen und der Notwendigkeit, Untersuchungen auch außerhalb Deutschlands und gemeinsam mit ausländischen Partnern durchzuführen, sind die Hindernisse vergleichsweise noch größer. Daraus erklärt sich auch, daß in verschiedenen Zweigen GW-relevanter Forschung die deutsche Beteiligung an internationalen Programmen und an der Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern relativ beschränkt ist.

Vor diesem Hintergrund gibt der Beirat eine Reihe übergreifender organisatorischer Empfehlungen, die zu drei Themen zusammengefaßt sind:

- Stärkung vorhandener Einrichtungen und Nutzung bewährter Instrumente.
- Schaffung neuer Einrichtungen.
- Koordination der Forschungsförderung.

Vorhandene Einrichtungen stärken und bewährte Instrumente nutzen

In erster Linie sind vorhandene Forschungseinrichtungen in die Lage zu versetzen, laufende Projekte der GW-Forschung fortzusetzen bzw. auf globale Probleme auszurichten und neue Projekte in nationaler und internationaler Zusammenarbeit aufzugreifen. Diese Empfehlung richtet sich an die Hochschulen und an die außeruniversitären Forschungseinrichtungen der Max-Planck-Gesellschaft, Helmholtz-

Gemeinschaft, Wissenschaftsgemeinschaft Blaue Liste und Fraunhofer-Gesellschaft sowie den nachgeordneten Forschungsanstalten verschiedener Bundesresorts. Zu einem wesentlichen Teil müssen die Anstöße dazu aus den Einrichtungen selbst bzw. aus deren Trägergesellschaften kommen, d.h. durch Neudefinition der Prioritäten und Inhalte der Forschung sowie durch organisatorische Eingriffe und Neugruppierungen.

Unerlässlich ist aber auch der Einsatz bereits *bewährter Förderinstrumente* seitens des BMBF (Verbundprojekte, Forschungsverbünde) und der DFG (Schwerpunktprogramme, Sonderforschungsbereiche). Auch Forschergruppen und Graduiertenkollegs sind geeignete Instrumente, wobei das geltende restriktive Ortsprinzip angesichts der technischen Möglichkeiten moderner Kommunikation gelockert werden sollte.

Alle diese integrierenden Maßnahmen sollten auch für die *Ausbildung* in- und ausländischer Studierender und Nachwuchswissenschaftler genutzt werden. Dabei sollen die Aspekte des Globalen Wandels bereits im Grundstudium angesprochen und im Rahmen von Aufbau- und Ergänzungsstudien vertieft werden.

Für viele Bereiche der GW-Forschung sind *große Forschungsgeräte* unabdingbar. Hierzu gehören Einrichtungen der Fernerkundung und der Klimaforschung mit Großrechnern, Schiffe, Satelliten und Beobachtungsstationen. GW-Forschung braucht darüber hinaus aber auch umfangreiche flächendeckende und langfristige ökologische, ökonomische und soziokulturelle Beobachtungsreihen, sie ist auf Kultur- und Ökosystemvergleiche angewiesen und muß auf detaillierte und breit angelegte Fallstudien und komplexe Modelle aufbauen. Der Beirat mißt der Sicherstellung einer kontinuierlichen Förderung dieser Grundvoraussetzungen große Bedeutung bei.

Die deutsche Beteiligung an internationalen Programmen ist unterschiedlich gut entwickelt und in wichtigen Bereichen ausbaubedürftig. Darüber hinaus wird die Fortsetzung der inhaltlichen, personellen und finanziellen Beteiligung an internationalen Instituten und Sekretariaten empfohlen, wobei eine stärkere Einbeziehung deutscher Forscher durch solche Institutionen wünschenswert wäre.

Neue Einrichtungen schaffen

Zur Stärkung der Problemlösungskompetenz im Hinblick auf die Probleme des Globalen Wandels und zur Stärkung der interdisziplinären Zusammenarbeit empfiehlt der Beirat die Einrichtung eines *Strategie-Zentrums zum Globalen Wandel*, das unter Hinzuziehung auswärtiger Expertise komplexe Problemanalysen betreibt und politische Entscheidungsprozesse wissenschaftlich vorbereitet und begleitet. Das Zentrum sollte einerseits Anregungen von Wissensnachfragern aus Politik und Öffentlichkeit aufnehmen und in Forschungsfragen übersetzen und andererseits vorhandenes Wissen für Entscheidungsprozesse in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft aufbereiten.

Weiterhin sollten nach Auffassung des Beirats einzelne *kleine Forschungszentren auf Zeit* im Umfeld der Universitäten eingerichtet werden, die im Verlauf von

etwa 10 Jahren akute Probleme der GW-Forschung bearbeiten und die deutsche Beteiligung an internationalen Programmen sicherstellen.

Ferner empfiehlt der Beirat die Schaffung von *Forschungsnetzwerken* als längerfristige „Zweckbündnisse“ zwischen unabhängigen wissenschaftlichen Einrichtungen zur gemeinsamen Bearbeitung komplexer Fragestellungen, etwa eines Syndroms, und zur Weiterentwicklung methodischer Grundlagen. Hierzu gehört die Nutzung moderner Technologien für Datengewinnung, -speicherung und -übertragung im nationalen und internationalen Rahmen. Die Trägergesellschaften (MPG, HGF, WBL, FhG) sowie DFG und BMBF unter Beteiligung von Ressortforschungseinrichtungen und Hochschulen sollten gemeinsam solche problembezogene flexible Einrichtungen schaffen (inter-institutionelle Forschung).

Die Wirtschaft, insbesondere die multinationalen Konzerne sollten nach Auffassung des Beirats im Rahmen einer umweltpolitischen Selbstverpflichtung angeregt werden, eine *Stiftung „Globaler Wandel“* ins Leben zu rufen. Dies böte die Möglichkeit, die oben angesprochenen finanziellen Restriktionen zu mildern. Diese Stiftung sollte sich u.a. um den Dialog zwischen Wissenschaft, Wirtschaftspolitik und Medien zu Fragen des Globalen Wandels bemühen. Sie könnte auch eine entsprechende Präsentation auf der EXPO 2000 vorbereiten.

Forschungsförderung koordinieren

Die beiden wichtigsten Förderinstitutionen der GW-Forschung in Deutschland sind BMBF und DFG. Im BMBF sind mehrere Referate und verschiedene Projektträger für einzelne Bereiche GW-relevanter Forschung zuständig. Ähnliches gilt für die disziplinar gegliederte DFG. In beiden Institutionen müssen die Bemühungen um *fächerübergreifende Planung und Begutachtung* gestärkt werden. Auch bedarf es einer engeren Abstimmung zwischen DFG und BMBF beim Einsatz ihrer Förderinstrumente der GW-Forschung.

Innerhalb der Bundesregierung ist die Fachaufsicht über die *GW-relevante Ressortforschung* nicht auf den BMBF beschränkt. Der BMU betreibt zwar keine eigenen Forschungseinrichtungen, fördert aber über das UBA eine Reihe von relevanten Projekten der GW-Forschung. Einschlägige Forschungseinrichtungen und -projekte werden darüber hinaus vom BMV, BMWi, BML, BMZ und BMI unterhalten. Der Beirat sieht hier *Koordinationsbedarf*, der über die Arbeit der Interministeriellen Arbeitsgruppe (IMA) „Globale Umweltveränderungen“ hinausgeht.

Der Beirat verfolgt mit Interesse die Bemühungen der DFG um die Einrichtung eines *deutschen Nationalkomitees zum Globalen Wandel*, das unter Einbeziehung von Funktionen des Senatsausschusses für Umweltforschung (SAUF) und des deutschen IGBP-Komitees die wissenschaftliche Vertretung in den internationalen Programmen zum Globalen Wandel planen und begleiten soll. Dieses Nationalkomitee könnte auch zur Koordination der unterschiedlichen deutschen GW-Forschungsaktivitäten beitragen.

Der Beirat schlägt ferner vor, daß das Bundeskanzleramt federführend jeweils in der Mitte jeder Legislaturperiode einen *integrierten „Global-Bericht“* erstellt. Dieser Bericht sollte – vor dem Hintergrund der durch die UNCED-Konferenz in Rio de Janeiro angestoßenen Entwicklungen – über die Aktivitäten der Bundesregierung zu Fragen des Globalen Wandels und der nachhaltigen Entwicklung informie-

ren. Die deutsche Politik und Forschung sollten dabei unter Einbeziehung ökologischer, ökonomischer und soziokultureller Aspekte im Sinne des globalen Beziehungsgeflechtes beleuchtet werden. Der Beirat verspricht sich von diesem Bericht wichtige Informationen für die deutsche Öffentlichkeit und für ausländische Institutionen und darüber hinaus auch einen konsolidierenden und integrierenden Einfluß auf die GW-Aktivitäten in den verschiedenen Bundesministerien.

Die Arbeit von *Enquete-Kommissionen des Deutschen Bundestages* hat bisher integrierend auf die deutsche Forschung und ihre staatliche Förderung durch verschiedene Bundesressorts gewirkt. Zu gegebener Zeit könnte eine Enquete-Kommission „Globaler Wandel“ die Arbeiten der derzeitigen Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ fortsetzen, wobei Schwerpunkte auf der Umsetzung wissenschaftlicher Empfehlungen u.a. auch des WBGU liegen könnte.

Seit geraumer Zeit wird die Gründung einer *Deutschen Akademie der Wissenschaften* diskutiert, die analog zu Einrichtungen in anderen Ländern mit einem hohen Maß an Unabhängigkeit und Autorität zu Fragen von nationaler Bedeutung Stellung nehmen könnte; falls eine solche Akademie geschaffen wird, wäre der Problembereich des Globalen Wandels zweifellos ein wichtiges Thema für sie.

Ausblick

Deutschland trägt, bezogen auf seine Einwohnerzahl, überproportional zur Verursachung des Globalen Wandels bei. Sein Beitrag zu dessen Erforschung ist ebenfalls beträchtlich, er muß aber noch erheblich gesteigert werden. Dabei bedarf es nicht primär einer starken Erhöhung des Forschungsetats oder der Gründung großer neuer Forschungseinrichtungen, sondern vor allem einer effektiven Nutzung vorhandener Daten und Kenntnisse sowie deren zielgerichteten Synthese für die Lösung komplexer Probleme – nach Auffassung des Beirats z.B. im Sinne der Syndromforschung. Ferner geht es um organisatorische Maßnahmen, durch die das vorhandene wissenschaftliche Potential wirkungsvoller für die GW-Forschung eingesetzt und mit (bescheidenen) zusätzlichen Mitteln Lücken in den Forschungsbereichen geschlossen werden können.

Für die deutsche GW-Forschung kommt der transnationalen Vernetzung und der Einbindung in internationale Programme auf europäischer und globaler Ebene eine besondere Bedeutung zu. Der Rolle Deutschlands innerhalb der Weltwirtschaft entsprechend sollte die deutsche Forschung zudem einen hohen Rang beim notwendigen Auf- und Ausbau der Forschungskapazitäten in den Entwicklungsländern einnehmen.