

Positionspapier
für eine kohärente deutsche Forschungsstrategie
zum Globalen Wandel

verabschiedet auf der 34. NK-Sitzung am 27.06.2005 in Bonn

PRÄAMBEL

Der Globale Wandel stellt die Gesellschaft vor enorme Herausforderungen. Dabei geht der globale Wandel weit über Klimaänderungen hinaus und umfasst das gesamte Erdsystem mit seinen physikalischen, biogeochemischen und gesellschaftlichen Prozessen. Der Mensch ist gleichzeitig Verursacher, Betroffener und Gestalter. Im Zentrum der Forschung zum Globalen Wandel steht deshalb die Wechselwirkung zwischen menschlicher Gesellschaft und den übrigen Komponenten des Erdsystems.

Global Change Forschung untersucht insbesondere die Entwicklung und Auswirkung der Veränderungsprozesse und leitet daraus mögliche Handlungsstrategien ab. Verbesserte Beobachtungssysteme für die Komponenten des Erdsystems, die Analyse ihrer Variabilität und der komplexen Wechselwirkungen zwischen ihnen sowie die Entwicklung von prognostischen Fähigkeiten sind essentielle Grundlagen, um Chancen zu identifizieren und Anpassungsstrategien zu entwickeln. Damit lassen sich Handlungsoptionen für eine nachhaltige Entwicklung aufzeigen und Gefahren vermeiden.

Der Globale Wandel ist auf allen Betrachtungsskalen durch große regionale Unterschiede in den Einflüssen, den Wirkungsmechanismen und den resultierenden Auswirkungen gekennzeichnet. Die Erarbeitung und Bewertung von Handlungsoptionen für eine nachhaltige Entwicklung der Regionen muss deshalb sowohl die Wechselwirkung mit dem gesamten Erdsystem als auch die regionalen Problemstellungen berücksichtigen.

Eine auch am gesellschaftlichen Diskurs orientierte, kohärente Forschungsstrategie zum Globalen Wandel muss zum Ziel haben, auf der Basis von Grundlagen-, Orientierungs- und Handlungswissen die Brücke zwischen dem Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung und dessen Umsetzung in Politik und Gesellschaft zu schlagen. Auf allen drei Ebenen der Generierung von Wissen sind in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht worden. Gleichzeitig werden neue Wissenslücken erkennbar, die gezielt geschlossen werden müssen.

Für die Identifizierung der vordringlich zu beantwortenden Forschungsfragen, wurden folgende Kriterien angelegt:

- sie müssen im Gesamtzusammenhang des Globalen Wandels stehen und gleichzeitig Fragen von Relevanz für die Gesellschaft behandeln,
- sie müssen zu einem besseren Verständnis des Erdsystems und zu einer verbesserten Vorhersagefähigkeit auf globalen und regionalen Skalen führen,
- sie müssen Wechselwirkungen im Erdsystem zwischen natürlichen und gesellschaftlichen Komponenten behandeln,
- sie müssen von grundlegenden Problemstellungen zu Handlungsoptionen führen,
- sie müssen in die international koordinierten Forschungsprogrammen WCRP, IGBP, IHDP und DIVERSITAS sowie in die ESSP-Joint Projects integrierbar sein oder sie ergänzen.

Unter Beachtung der vorgenannten Kriterien und auf der Grundlage einer intensiven Diskussion mit der Fachöffentlichkeit u.a. im Rahmen des 3. Nationalen Kolloquiums für Global Change Forschung hat das Nationale Komitee für Global Change Forschung (NKGCF) auf seiner Sitzung vom 21. - 23. Januar 2005 einen ersten Entwurf für eine Priorisierung zentraler Forschungsthemen der Global Change Forschung erarbeitet. Dieser Entwurf wurde in einem breit angelegten Abstimmungsprozess mit Wissenschaft und Forschungsförderern beraten und ergänzt. Das vorliegende Positionspapier fasst in einem Überblick die vom Nationalen Komitee für Global Change Forschung identifizierten prioritären Forschungsthemen zusammen. Es bildet die Grundlage für eine in einem weiteren Schritt noch zu erstellende Bewertungsmatrix für die zukünftig notwendige Forschungsinfrastruktur. Die so entstehende GC-Forschungsmatrix soll dazu dienen, die

als prioritär identifizierten Forschungsthemen mit der in Deutschland vorhandenen Forschungskapazität und -infrastruktur sinnvoll zu verbinden und damit eine Vorstrukturierung für Forschungspolitik und Forschungsförderung zu ermöglichen. Übergeordnetes Ziel dieses breit angelegten, transparenten Koordinationsprozesses ist die Stärkung der Global Change Forschung durch Abstimmung und damit optimale Nutzung der vorhandenen Potentiale und Fördermöglichkeiten sowie die gemeinsame Identifikation zukünftiger Forschungsprioritäten und nationaler Schwerpunkte.

Globale und Regionale Global Change – Forschungsthemen

I Entwicklung der Komponenten des Erdsystems – Prozessverständnis und Handlungsoptionen	5
A Schwankungen und Trends im Erdsystem	5
A1 Änderung der Zusammensetzung und Dynamik der Atmosphäre.....	5
A2 Ozeanzirkulation und Meeresspiegeländerungen	6
A3 Wandel von Biosphäre und Biodiversität.....	6
A4 Veränderung von Intensität und Frequenz von Extremereignissen und ihre Vorhersagbarkeit	7
B Stoffflüsse im Erdsystem	8
B1 Biogeochemische Stoffflüsse	8
B2 Wasserkreislauf	9
B3 Optionen und Instrumente zum globalen Kohlenstoff Management.....	9
B4 Energie – Mobilität – Klima	10
II Globaler Wandel und Gesellschaft	12
C1 Technologiewandel	12
C2 Konsummuster	13
C3 Arbeitsteilung, Integration und Reorganisation internationaler Umweltregime ..	13
C4 Gesundheit und Globaler Wandel	13
C5 Migration	14
III Regionale Effekte des Globalen Wandels – Integrative Analyse und Management.....	15
D Integrative Analyse und Management von menschlichen Lebensräumen.....	15
D1 Urbane und periurbane Lebensräume	15
D2 Ländlich-periphere Lebensräume	16
D3 Küstenzonen	16
D4 Trockengebiete	16
D5 Gebirgsregionen	17
D6 Permafrostgebiete.....	17
E Stabilisierung und Rehabilitation von Ressourcen und Funktionen in degradierten Ökosystemen	18
E1 Bodenfruchtbarkeit	19
E2 Wasserverfügbarkeit und Wasserqualität.....	19
E3 Luftqualität	19
E4 Biodiversität	20

I Entwicklung der Komponenten des Erdsystems – Prozessverständnis und Handlungsoptionen

A Schwankungen und Trends im Erdsystem

Das Erdsystem, bestehend aus den Komponenten Atmosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre, Landoberflächen, Biosphäre auf dem Land und im Meer sowie der menschlichen Gesellschaft, hat sich in der Vergangenheit durch ausgeprägte Variationen auf allen Zeitskalen ausgezeichnet. Änderungen im Erdsystem kommen durch interne Dynamik der Einzelkomponenten und durch Wechselwirkungen und Rückkopplungen zwischen ihnen zustande. Ein Verständnis der Variabilität des Erdsystems – und damit der internen Dynamik und der Rückkopplungen, einschließlich der Extremereignisse – ist Voraussetzung für die Entwicklung von Handlungsstrategien.

Für eine wissenschaftlich robuste und nutzbare Vorhersage des Systems ist die Entwicklung von Infrastrukturen und Methoden erforderlich. Zu diesen gehören ein adäquates Beobachtungssystem für alle Komponenten, Analysemethoden für ein verbessertes Prozess- und Systemverständnis und Modelle zur Vorhersage und Projektion. Dazu gehört auch die Gewinnung und Nutzung von historischen und Paläoklimadaten. Herausragende Themen im Gesamtkontext des Erdsystems sind Änderungen in der Zusammensetzung und der Dynamik der Atmosphäre, Ozeanzirkulation und Meeresspiegeländerungen, der Wandel und die funktionellen Änderungen der Biosphäre, die Veränderung von Intensität und Frequenz von Extremereignissen und ihre Vorhersagbarkeit, sowie die Gestaltung der menschlichen Aktivitäten einschließlich der Anpassungsprozesse in Reaktion auf die Veränderungen im Erdsystem.

A1 Änderung der Zusammensetzung und Dynamik der Atmosphäre

Der eigentliche Auslöser der Global Change Diskussion ist der durch menschliche Aktivitäten gestiegene Anteil an Spurengasen (CO₂, Methan, FCKWs, etc.) und Aerosolen in der Atmosphäre. Die sich ändernde Zusammensetzung der Atmosphäre ist eine Folge ihrer Wechselwirkungen mit Ozean, Landoberflächen, Biosphäre und der Entwicklung der Gesellschaft insbesondere auf dem Energie- und Transportsektor. Sie beeinflusst

die Energiebilanz und damit die Dynamik der Atmosphäre von der lokalen bis zur globalen Skala, mit starken Konsequenzen für Wasserdampfverteilung und insbesondere Niederschlagshäufigkeit und -verteilung. Die Entwicklung von Strategien zur Stabilisierung der Spurengase erfordert eine bessere Kenntnis dieser dynamischen Prozesse und Wechselwirkungen sowie der Effekte für den Energiehaushalt unseres Planeten.

A2 Ozeanzirkulation und Meeresspiegeländerungen

Beobachtungen der letzten Jahre zeigen eine Beschleunigung des Meeresspiegelanstiegs, der inzwischen 3 mm pro Jahr beträgt. Globale und regionale Veränderungen der ozeanischen Zirkulation und Schichtung können zu einer Abnahme der Fähigkeit des Ozeans, Treibhausgase aufzunehmen und zu speichern, führen. Die Änderung der globalen Ozeandynamik und die unterschiedliche Erwärmung haben regional stark unterschiedliche Auswirkungen. So wird z.B. die zu erwartende regional unterschiedliche Erhöhung des Meeresspiegels den globalen Trend weitaus überschreiten. Neben den Auswirkungen auf die Umwelt stellen die Auswirkungen auf die Gesellschaft und ihre Infrastruktur in den Küstenzonen eine große Herausforderung dar. Um den Einfluss dieser großräumigen Veränderungen im atlantischen Sektor im Allgemeinen und speziell auf die regionalen Verhältnisse im europäischen Schelfgebiet und für das europäische Klima zu erfassen, sind geologische und historische Zeitreihen und langfristige Beobachtungs- und Diagnosesysteme erforderlich, die in Zukunft auch als Frühwarnsystem für eventuelle dramatische Entwicklungen dienen könnten. Eine Vorhersage ist von großer Bedeutung, kann aber nur durch Beobachtung und Modellierung des gesamten Erdsystems mit verbesserter Genauigkeit erreicht werden.

A3 Wandel von Biosphäre und Biodiversität

Der Wandel findet mit hoher Dynamik statt, einerseits als Veränderung der globalen Biodiversität, z.B. durch erhöhte Aussterberaten und durch Veränderungen der genetischen Diversität, andererseits in Form von Migrationen von Organismen und Lebensgemeinschaften und den von ihnen getragenen Ökosystemen. Die Veränderungen werden ausgelöst insbesondere durch Klimawandel, Landnutzungswandel, Nutzungswandel im Ozean (Fischerei) sowie durch anthropogene biotische Prozesse wie z.B. biologische Invasionen. Der Wandel der Biodiversität hat weit reichende Effekte für die öko-

systemaren Funktionen der betroffenen Systeme, mit ausgeprägten Wechselwirkungen und Rückkoppelungen in Hinblick auf geänderte Stoffflüsse und Klimaprozesse. Die Veränderung ökosystemarer Dienstleistungen sowie die verringerte Verfügbarkeit genutzter Organismen bewirkt erhebliche Konsequenzen für Landnutzung, Wirtschaft und Gesundheit. Die Forschung strebt eine verbesserte Messung und Analyse des Wandels mit Hilfe standardisierter Beobachtungssysteme an. Die Prozessanalyse zielt auf das Verstehen der komplexen biotischen Interaktionen und auf modellbasierte Prognosefähigkeit für Veränderungen der räumlichen Muster sowie der daran gekoppelten Funktionen. Zugleich wird damit Systemwissen als Grundlage für die Gestaltung eines nachhaltigen Managements und für den Schutz und Erhalt der Biodiversität geschaffen.

A4 Veränderung von Intensität und Frequenz von Extremereignissen und ihre Vorhersagbarkeit

Durch Veränderungen im Erdsystem, insbesondere in der atmosphärischen Zusammensetzung und der Landoberflächennutzung wird vermutlich die Häufigkeit extremer Ereignisse (Starkregen, Überschwemmungen, Dürren, Stürme, Hitzewellen, Algenblüten, etc.) zunehmen. In Kombination mit steigender Bevölkerungsdichte und einem Zuwachs an materiellen Werten führt dies zu einer erhöhten Gefährdung der Gesellschaft mit noch zu untersuchenden Einflüssen auf Ernährung, Wirtschaft, Transport und Gesundheit. Untersuchungen der räumlichen Verbreitung und der Häufigkeit von Extremereignissen und die Entwicklung von Verfahren zur Vorhersage ihrer Entwicklung bilden deshalb die Voraussetzung für die Entwicklung von nachhaltigen Anpassungsstrategien zur Verringerung der Vulnerabilität.

B Stoffflüsse im Erdsystem

Durch den Einfluss des Menschen wurden globale Stoffkreisläufe in einem Ausmaße verändert, dass Auswirkungen auf unser Klima und auf wichtige ökosystemare Leistungen bereits erkennbar werden. Die menschlichen Störungen haben im letzten Jahrhundert eine Größenordnung wie die vergleichbaren natürlichenn Steuerfaktoren des Erdsystems erreicht, und sie werden sich vermutlich in Zukunft noch verstärken.

Die größte Aufmerksamkeit gilt zur Zeit dem Kohlenstoffkreislauf wegen seiner großen Klimarelevanz und der engen Verknüpfung mit der Energiegewinnung aus fossilen Brennstoffen. Jedoch werden auch andere Stoffflüsse im Erdsystem deutlich durch den Menschen beeinflusst. Hierzu gehört u.a. der Wasserkreislauf, der Stickstoffkreislauf, der Schwefelkreislauf, der Verbrauch von Phosphat und der Austausch zwischen Biosphäre, Atmosphäre und Ozean. Die Emissionen anderer klimawirksamer Gase sind ebenfalls durch menschliche Einflüsse stark verändert worden. Die Herausforderung besteht darin, die anthropogene Beeinflussung der Stoffflüsse von den natürlichen Schwankungen zu unterscheiden und die Folgen veränderter Stoffflüsse abzuschätzen. Daneben gilt es, Optionen zum Schutz vor negativen Entwicklungen zu erforschen.

Ziel ist es, die für den globalen Wandel relevanten Stoffflüsse zu betrachten, ihre anthropogene Störung zu erfassen und die dadurch veränderten Prozesse zu untersuchen. Dies umfasst die Untersuchung grundlegender Prozesse, die Abschätzung zukünftiger Veränderungen und führt zur Untersuchung und Bewertung von Handlungsoptionen für eine nachhaltige Entwicklung. Zum besseren Verständnis des natürlichen und des anthropogen gestörten Stoffwechsels der Erde werden folgende Forschungsthemen mit hoher Priorität vorgeschlagen:

B1 Biogeochemische Stoffflüsse

Die globalen biogeochemischen Stoffflüsse werden durch Rückkopplungen zwischen verschiedenen Komponenten des Erdsystems reguliert und stabilisiert. Sie unterliegen den natürlichen Schwankungen im Erdsystem und haben im Laufe der Erdgeschichte verschiedene Stabilitätszustände eingenommen. Bisher sind die Regulationsmecha-

nismen nur unzureichend bekannt, allerdings konnten bestimmte Prozesse und Regionen schon als besonders sensibel für Veränderungen der biogeochemischen Stoffflüsse identifiziert werden. Hierzu gehören unter anderem der Stoffaustausch zwischen der Biosphäre der Tropen und der Atmosphäre oder Veränderungen der Permafrostregionen in der Arktis. Menschliche Einwirkungen verändern die Wirkungsweise der Rückkopplungen mit potentiell großen Auswirkungen für den zukünftigen Stoffhaushalt der Erde. Die Regulationsmechanismen für die wichtigsten biogeochemischen Stoffflüsse im Erdsystem müssen daher untersucht werden, um die Wechselwirkungen zwischen den natürlichen Schwankungen und den anthropogenen Einflüssen zu verstehen und globale Auswirkungen auf das Erdsystem erkennen zu können.

B2 Wasserkreislauf

Wasser ist globales Transportmedium für Energie und gelöste Substanzen und Grundlage des Lebens. Schon heute ist der Wasserkreislauf durch massive menschliche Einflüsse in vielen Regionen verändert. Landnutzungsveränderungen in Kombination mit veränderten atmosphärischen Zirkulationsmustern werden zukünftig die weltweite Verteilung der Niederschläge verändern und damit die Verteilung der globalen Wasserressourcen beeinflussen. Zugleich wird auf regionalem und lokalem Maßstab Wasser zugunsten landwirtschaftlicher oder technischer Zwecke von den natürlichen Systemen abgezogen mit hohen Verlusten für ökosystemare Funktionen und Biodiversität. Ziel der Forschung ist die Erarbeitung der Grundlagen zum Verständnis der Veränderungen des Wasserkreislaufs, die notwendig sind, um die natürlichen Systeme zu erhalten und um eine nachhaltige und effiziente Nutzung zu gestalten.

B3 Optionen und Instrumente zum globalen Kohlenstoff Management

Als einer der am stärksten beeinflussten Stoffkreisläufe steht der Kohlenstoffkreislauf zur Zeit im Zentrum der Aufmerksamkeit und bedarf wegen seiner besonderen ökologischen, ökonomischen und politischen Bedeutung spezieller Forschungsanstrengungen. Die Auswirkungen des veränderten Kohlenstoffhaushalts auf das Erdsystem, die von veränderter Strahlungsbilanz der Erde und Klimaveränderungen bis zur Versauerung des Ozeans mit Konsequenzen für biologische Prozesse reichen, sind Ziel internationaler Forschungen. Die Quantifizierung der natürlichen und anthropogenen Quellen und

Senken für Kohlenstoff sowie deren zukünftige Veränderungen sind zentrale Fragen für die Einschätzung möglicher Klimaveränderungen. Ziel dieses Forschungsfeldes sind sowohl Untersuchungen zum globalen Kohlenstoffhaushalt, als auch zu den unterschiedlichen regionalen Ausprägungen der veränderten Kohlenstoffflüsse. Das Kyoto-Protokoll beinhaltet einen ersten Versuch, zu einer globalen Kontrolle der CO₂-Emissionen zu kommen. Die Ergebnisse dieser Initiative sowie die weiteren Optionen zur Regulierung von CO₂-Emissionen müssen bezüglich ihrer Wirksamkeit und ihrer Nebeneffekte auch vor dem Hintergrund der natürlichen Schwankungen und der zu berücksichtigenden Rückkopplungen analysiert werden. Grenzüberschreitende klimawirksame Spurenstoffe, wie CO₂ aber auch andere schädliche Emissionen und Schadstoffe, stellen eine besondere Herausforderung bei der Verteilung der Lasten von Kontrollmaßnahmen dar. Unterschiedliche Instrumente (quantitative Emissionsgrenzen, handelbare Emissionsrechte, Emissionssteuern) und Institutionen (Bilaterale oder multilaterale Abkommen, Agenturen, etc.) stehen für die Kontrolle zur Verfügung. Es sollte daher prioritär erforscht werden, welche Eigenschaften und Auswirkungen diese verschiedenen Kontrollmaßnahmen haben und welche Erfolgschancen bestehen, sie im politischen Prozess zu implementieren.

B4 Energie – Mobilität – Klima

In zunehmendem Maße wird gesellschaftliche Entwicklung, insbesondere in Schwellen- und Entwicklungsländern, durch die Verfügbarkeit und den Preis von Energie bestimmt. Eine der wichtigsten Komponenten in diesem Bereich ist der Energieverbrauch, der für Mobilität und Transport aufgewendet werden muss. Neue Technologien, die ohne fossile Brennstoffe arbeiten, Weiterentwicklung und Effizienzsteigerung bestehender Technologien auf Kohlenstoffbasis, sowie neue Organisationsstrukturen für den Bereich Transport und Verkehr müssen in diesem Zusammenhang untersucht werden. Der Erfolg dieser Instrumente wird von der Frage abhängen, in wieweit die ökonomische Entwicklung von der CO₂-Emission aus fossilen Brennstoffen entkoppelt werden kann. Schwerpunkt in diesem Forschungskomplex ist die Untersuchung der technischen Optionen, die sich speziell im rasch expandierenden Bereich Transport und Verkehr bieten, um einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Das rasante Wachstum in den Schwellenländern stellt eine besondere Herausforderung dar, und die relevanten Kenntnisse und

Technologien, die aus dieser Forschung hervorgehen, müssen möglichst rasch und effizient diesen Ländern zur Verfügung gestellt werden.

II Globaler Wandel und Gesellschaft

Die Veränderung globaler Kreisläufe durch eine Vielzahl anthropogener Einflüsse führt zu lokalen und regionalen Belastungen, deren Kontrolle lokale Aktionen erfordern, die aber in vielen Fällen nur durch internationale Koordination erfolgreich in Gang gesetzt werden können. Diese internationale Koordination erfolgt mit mehr oder weniger großem Erfolg durch die punktuelle Kooperation von regionalen, staatlichen oder individuellen Akteuren in verschiedenen Problembereichen. Eine zentrale Forschungsfrage ist in diesem Rahmen, in welcher Form die Zuordnung und Koordination von Managementaufgaben des globalen Wandels erfolgen sollte. Welche Akteure und welche Organisationsformen sind dabei am besten geeignet, ein erfolgreiches, d.h. effizientes und effektives Management des Globalen Wandels umzusetzen? Zugleich ist zu fragen, inwieweit sich mit dem Umbau der Governance-Strukturen auch die Formen und Erfordernisse demokratischer Legitimation verändern.

Der zweite Forschungskomplex berührt die Fragen nach den Mitteln, mit denen eine unerwünschte Entwicklung des Globalen Wandels vermieden werden kann oder, falls dies nicht möglich ist, welche Anpassungsmaßnahmen ergriffen werden können, um dessen negative Auswirkungen auf die Menschen so weit wie möglich zu mildern. Bei der Vermeidung von weiteren Veränderungen geht es um die langfristigen Trends der Ressourcennutzung, die auf der Angebotsseite durch Technologie und Ressourcenverfügbarkeit bestimmt und die auf der Nachfrageseite durch die Lebensstile der Konsumenten beeinflusst werden. Lokal besonders starke Auswirkungen des Globalen Wandels führen zu Migration, die wiederum besondere Anpassungsmaßnahmen erfordern. Bei der Untersuchung dieser Fragen sollten die spezifischen Eigenschaften der verschiedenen Umweltressourcen berücksichtigt werden, indem das Wissen auch der naturwissenschaftlichen Disziplinen in den Forschungsprozess integriert wird. Im Einzelnen empfehlen sich folgende Forschungsfragen:

C1 Technologiewandel

Die Vermeidung von unerwünschtem Globalen Wandel erfordert sowohl eine Reduktion der Nutzung von Umweltressourcen als auch eine effizientere Nutzung dieser Ressour-

cen. Besondere Aufmerksamkeit verdient dabei die Beeinflussung langfristiger Trends der Technologieentwicklung, die einen entscheidenden Beitrag zur nachhaltigen Ressourcennutzung bei gleichzeitiger Befriedigung der menschlichen Lebensbedürfnisse liefern kann.

C2 Konsummuster

Durch Technologieentwicklung allein wird in vielen Bereichen keine Vermeidungsstrategie erreicht werden können, die ausreichend vor gefährlichen Veränderungen schützt. Die Veränderung von Werten und Konsummustern angesichts der sich wandelnden Umwelt und steigender Einkommen wird vielmehr ebenfalls eine wichtige Rolle spielen, insbesondere da die Konsummuster der industrialisierten Welt in der Dritten Welt nicht übernommen werden können, ohne den Globalen Wandel in bedrohlicher Weise zu beschleunigen.

C3 Arbeitsteilung, Integration und Reorganisation internationaler Umweltregime

In vielen Politikbereichen der Kontrolle von globalen Umweltressourcen spielen Umweltregime eine wichtige Rolle, da sie nationalstaatliche Eigeninteressen zu kontrollieren vermögen und international koordinierte Maßnahmen sicherstellen. Sie existieren schon in großer Zahl, aber vergleichsweise unkoordiniert nebeneinander (die Konvention zur Erhaltung der biologischen Vielfalt, die Klimarahmenkonvention, die Wüstenkonvention etc.). Es ist aber offensichtlich, dass die in diesen Konventionen angesprochenen Probleme sich gegenseitig beeinflussen. Deshalb stellt die Koordination der verschiedenen Regime in Dienste eines wirkungsvollen Managements von Stoffflüssen eine wichtige Aufgabe dar. Dadurch dass die Kontrolle globaler Stoffflüsse, bzw. deren Koordination, zunehmend internationalen Institutionen übertragen werden müssen, wenn sie wirkungsvoll sein sollen, wird die demokratische Legitimation von diesen suprastaatlichen Einheiten ebenfalls zu einem Forschungsgegenstand.

C4 Gesundheit und Globaler Wandel

Gesundheit ist ein integrativer Leitindikator für menschliches Wohlbefinden und eine wichtige Komponente der Lebensqualität. Sie wird direkt und indirekt beeinflusst u.a. von Veränderungen der Wasser- und Nahrungsmittelversorgung, den Veränderungen

von Biodiversität und Ökosystemen sowie von Klima- und Landnutzungswandel. Gesundheit steht im Zentrum jeder Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Die Erforschung der Auswirkungen des globalen Wandels auf die Gesundheit und die Gesundheitssysteme umfasst alle Komponenten des Erdsystems und ist eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung angemessener Mitigations- und Adaptionstrategien.

C5 Migration

Genauso wie der globale Umweltwandel räumliche Verschiebungen von ökologischen Zonen sowie die Migration von Organismen auslöst, so werden auch Menschen zunehmend gezwungen, durch Migration Regionen, in denen ihr Lebensunterhalt nicht mehr gesichert werden kann, zu verlassen. Die Migration von Menschen wird allerdings in komplexer Weise durch push- und pull-Faktoren ausgelöst (Umweltflüchtlinge, Ressourcenmangel-Konflikte, Wirtschaftsimmigranten). Ziel der Forschung ist die Erarbeitung eines Prozessverständnisses, mit dessen Hilfe die Vermeidung und Bewältigung von Problemen im Kontext von Migrationen geleistet werden kann.

III Regionale Effekte des Globalen Wandels – Integrative Analyse und Management

D Integrative Analyse und Management von menschlichen Lebensräumen

Im Rahmen der Global Change Forschung kommt der Untersuchung ausgewählter menschlicher Lebensräume eine besondere Bedeutung zu. Globaler Wandel manifestiert sich auf der regionalen Skala von menschlichen Lebensräumen; sowohl Anpassung an die Folgen des Globalen Wandels als auch Maßnahmen zur nachhaltigen Nutzung finden hier statt. Besonders betroffen sind im Kontext des Globalen Wandels Grenz- bzw. Übergangsräume, die häufig auch von großer wirtschaftlicher Bedeutung sind. Durch den Globalen Wandel und seine vielfältigen natürlichen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen verschärfen sich in diesen Räumen bereits bestehende Konflikte bei der Nutzung von Naturressourcen. Die Spannweite der daraus zu erwartenden regionalen Veränderungen hängt dabei in entscheidendem Maße von der Interaktion globaler mit lokalen Veränderungen ab. Eine regionale, integrative Analyse der Wechselwirkung der unterschiedlichen Einflussfaktoren des Globalen Wandels und der daran beteiligten Wirkungsmechanismen, sowie der daraus resultierenden Folgen steht erst am Anfang. Integrative Analyse muss sowohl die Wechselwirkungen innerhalb der menschlichen Lebensräume als auch mit einem sich verändernden Erdsystem berücksichtigen. Die heute verfügbaren Erkenntnisse und Methoden aus regionalen Untersuchungen können erst in Ansätzen verallgemeinert und formalisiert werden. Solche wissenschaftlichen Fortschritte sind aber Voraussetzung zur Identifikation wichtiger Determinanten für eine nachhaltige Entwicklung dieser Lebensräume.

D1 Urbane und periurbane Lebensräume

Das Wachstum der Ballungsräume ist hochdynamisch und hochkomplex. Es gilt, die Wechselwirkungen zwischen den dynamisch wachsenden Großagglomerationen, in denen zukünftig der Großteil der Erdbevölkerung leben wird, und den sie versorgenden Umländern, die oft von Entvölkerung gekennzeichnet sind, zu verstehen und die Folgen

des Globalen Wandels auf die Interaktion der beiden Räume zu untersuchen.

D2 Ländlich-periphere Lebensräume

Insbesondere in ländlich-peripheren Gebieten erfolgt im Zusammenhang mit Bevölkerungsschwund und Extensivierung der Landwirtschaft eine umfassende Änderung von Landschaftsnutzung und –gestaltung. Als Teil einer nachhaltigen Entwicklung müssen Leitbilder für nutzungssichernde Maßnahmen entwickelt werden, die zu einer zukunftsweisenden Entwicklungsgestaltung der Landschaft unter Berücksichtigung des globalen Wandels führen. Dabei muss die Sicherung der ökosystemaren Leistungen (Wasserversorgung, Luftreinigung, Biodiversität, Nahrungsmittelproduktion) mit den vielfältigen wirtschaftlichen und sozialen Interessen der dort lebenden Bevölkerung abgewogen werden. Die gesellschaftliche Verantwortung für die Erhaltung der ökosystemaren Leistung ländlich-peripherer Räume als wichtiger Bestandteil der Erhaltung oder Verbesserung der Lebensqualität obliegt dabei den Menschen sowohl in den ländlichen als auch den urbanen Räumen.

D3 Küstenzonen

Küstenzonen sind von herausragender wirtschaftlicher Bedeutung, da dort die Mehrheit der Erdbevölkerung lebt. Sie unterliegen vielfältigen, z.T. gegensätzlichen bzw. konkurrierenden Nutzungsanforderungen. Zukünftig werden sie in hohem Maß einem Bündel von Veränderungen ausgesetzt sein, die ihre Ursachen im Globalen Wandel haben. Sie reichen von Meeresspiegeländerungen über Veränderungen in der Häufigkeit von Sturmfluten bis zu starker wirtschaftlicher Agglomeration und wachsenden Bevölkerungszahlen.

D4 Trockengebiete

Trockengebiete bedecken 40% der Landmasse und sind in extremer Weise durch Nutzungskonflikte um knappe Naturressourcen gekennzeichnet. Die Nutzungskonflikte überschreiten häufig staatliche Grenzen und verschärfen dadurch die Übernutzung von Naturressourcen. Trockengebiete als ökosystemare Grenzräume sind im Kontext des Globalen Wandels aus zwei Gründen von hohem Interesse: sie reagieren auf der einen Seite in der Veränderung ihrer ökosystemaren Leistung sehr empfindlich auf globale Veränderungen und demonstrieren andererseits, dass regionale Ressourcennutzungskonflikte globale politische und wirtschaftliche Auswirkungen haben können, wie dies in

vielen Regionen mit knappen Wasserressourcen eindrücklich erkennbar wird.

D5 Gebirgsregionen

Gebirgsregionen sind Ressourcenlieferant und Risikofaktor für ihre Vorländer und unterliegen vielfältigen Nutzungskonflikten bzw. Naturrisiken. Zu diesen gehören die Verfügbarkeit von Wasser und nachwachsenden Rohstoffen (z.B. Holz), die Entstehung von Hochwässern, Lawinen und spontanen Massenbewegungen. Gebirgsregionen reagieren besonders sensibel auf die Veränderungen globaler Umweltbedingungen durch Verschiebungen der Ökozonen (z.B. Permafrost). Dies hat neben den direkten Folgen für die Gebirgsregionen gravierende Auswirkungen auf ihre Vorländer und die dort lebenden Menschen. Die Bedeutung der Gebirgsregionen für die Versorgung von Ballungsräumen mit Naturgütern ist erheblich: Deshalb ist die Erforschung der Interaktion zwischen den Veränderungen dieser Regionen und den sozioökonomischen Konsequenzen in den Vorländern von großer Bedeutung.

D6 Permafrostgebiete

Klimaänderungen sowie Bevölkerungs- und Ressourcendruck werden in naher Zukunft zur stärkeren Nutzung heute noch dauerhaft gefrorener Gebiet zwingen. Hierbei bestehen Konflikte zwischen Nutzungsansprüchen und ökosystemaren Leistungen in diesen ökologisch empfindlichen Regionen. Der Übergang von Permafrostgebieten in aufgetaute Gebiete und die dabei ablaufende Dynamik in allen Naturfaktoren und ihre Folgen für die Nutzung als menschlicher Lebensraum sind weitgehend unerforscht. Darüber hinaus sind Technologien zu entwickeln, die es ermöglichen, in diesen Regionen auf nachhaltige Weise und unter Beibehaltung der wichtigen ökosystemaren Leistungen für den gesamten Planeten die erforderliche Infrastruktur zur Nutzung zu etablieren sowie die Nutzung durchzuführen.

E Stabilisierung und Rehabilitation von Ressourcen und Funktionen in degradierten Ökosystemen

Klimawandel und Landnutzungswandel führen in vielen Regionen zur Degradation wichtiger natürlicher Ressourcen wie Biodiversität, Wasser und Boden, womit auch ein Rückgang ihrer Nutzungspotentiale und ihrer ökosystemaren Leistung einhergeht. Der vereinfachende Terminus „Degradation“ umfasst dabei ein komplexes Bündel an Strukturen und Prozessen, die in ihrer Vielfalt der Vielfalt und Besonderheit der jeweils betroffenen Ökosysteme entsprechen. Die Konsequenzen der Degradation, die in hohem Maß durch Rückkopplungsmechanismen intensiviert werden, bringen zum Teil sehr negative Effekte für die Bevölkerung mit sich: Zusammenbruch traditioneller Nutzungssysteme, Gesundheitsprobleme, Konflikte zwischen konkurrierenden Nutzergruppen, Verarmung, Umweltflucht und Migration. Für die ariden, semiariden und subhumiden Klimate sind Degradationsprozesse der Nutzungsressourcen unter dem Begriff Desertifikation zusammengefasst. Sie sind Gegenstand der UN-Konvention zur Bekämpfung des Wüstenwachstums (UNCCD), deren Sekretariat sich in Bonn befindet. Auch für die humiden Ökosysteme und für Feuchtgebiete ist ein Zusammenhang zwischen Globalem Wandel und der Degradation der Nutzungsressourcen gegeben.

Gegenstand der Forschung auf diesem Themenfeld ist die Erarbeitung von Systemwissen und Orientierungswissen für einen nachhaltigen Umgang mit den betroffenen Ökosystemen. Im Falle bereits degradierter Systeme gilt es Möglichkeiten für die Rehabilitation oder die Gestaltung eines Zustandes, der ein höheres Nutzungspotential mit sich bringt, zu identifizieren. Die jeweils eingesetzten Rehabilitationsverfahren sollten kausal auf dem oben genannten Systemwissen aufbauen und zugleich experimentell innovative Techniken auf ihren Erfolg und die mit ihnen verbundenen Investitionen überprüfen (sowohl ökosystemar wie sozioökonomisch). Weil das Problem degradierter Ökosysteme häufig direkt mit Armut, einem unzureichenden oder fehlenden Zugang zu Bildung und fehlenden sozio-ökonomischen Alternativen einhergeht, sind diese Aspekte als integrative Bestandteile der Forschungsagenda und der Entwicklung von Lösungsstrategien zu behandeln. Dabei können sowohl degradierende Prozesse wie auch Rehabilitations-

maßnahmen grundsätzlich auf verschiedenem Skalenniveau angegangen werden. In bezug auf die Handelnden sind zu unterscheiden (a) das Niveau des Haushalts / der Farm, (b) der Nutzergemeinschaft, (c) der jeweiligen Nation, (d) der internationalen Einflüsse und Institutionen. Forschung sollte insbesondere auf dem Skalenniveau von Ökosystemen und von Nutzungslandschaften ansetzen und sowohl Landnutzer als auch relevante Institutionen miteinbeziehen. Die folgenden Themenfelder erscheinen als besonders wichtig:

E1 Bodenfruchtbarkeit

Böden sind das wichtigste Substrat für alle terrestrischen Systeme und unterliegen globalen Degradationsprozessen, die in den verschiedenen Ökosystemen als Eutrophierung oder als Nährstoffverarmung, als Schadstoffbelastung, als Versalzung, als Erosion usw. in Erscheinung treten. Vermeidung und Rehabilitation müssen insbesondere nachhaltige Methoden der Landnutzung und neue Technologien insbesondere bei Rehabilitationsverfahren einbeziehen.

E2 Wasserverfügbarkeit und Wasserqualität

Die Verfügbarkeit adäquater Wasserressourcen (für die Menschheit, aber auch für Ökosysteme) stellt eine der größten Herausforderungen für eine nachhaltige globale Entwicklung dar. Übernutzung, Verschmutzung und daraus resultierende Gesundheitsprobleme müssen insbesondere durch angemessene Gestaltung von Management und von Institutionen unter Integration angepasster Technologie beantwortet werden. Die große Bedeutung grenzüberschreitender Ressourcennutzungskonflikte erfordert auch transnationale Lösungsansätze.

E3 Luftqualität

Die Belastung der Außenluft mit Aerosolen, insbesondere den Feinstäuben (Partikelgröße kleiner als 10 µm) führt in städtischen Ballungsräumen hierzulande wie in Entwicklungsländern zu erheblichen und zunehmenden Gesundheitsbelastungen. Zu dieser Staubbelastung der Außenluft kommt in Asien und Afrika die Luftverschmutzung in Innenräumen durch das Verbrennen von Kohle oder Biomasse zum Kochen oder Heizen. Gase (CO, NO_x, SO_x), Schwermetalle und organische Stoffe stellen eine weitere Ge-

fährdungsquelle, nicht nur für die menschliche Gesundheit, sondern für das lokale Ökosystem insgesamt dar. Es besteht zum einen großer Forschungsbedarf, um die Wirkungsketten zu verstehen, zum anderen, um wirksame und wirtschaftliche leistbare Adaptationsstrategien in Ländern verschiedener materieller Ressourcen zu entwickeln und zu testen.

E4 Biodiversität

Der Wandel der Biodiversität betrifft sowohl die Degradation als auch Aufrechterhaltung ökosystemarer Funktionen und Leistungen (Stoffflüsse, Stabilität, Produktivität, Pufferfunktionen: Bsp. N-Fixierung, C-Senken, Tropenwälder, Korallenriffe, Mangrove) wie auch direkte menschliche Nutzungssysteme (Ernährungssicherung, Energieversorgung, indigenes Wissen, genetische Vielfalt). Für die Vermeidung von Degradation und für Rehabilitation und nachhaltiges Management sind insbesondere ein wesentlich besseres Verständnis der Prozesse und Mechanismen biologischer Systeme und ihrer Funktionen erforderlich. Rehabilitationskonzepte sollen traditionelles Wissen, alternative Nutzungsoptionen, neue Technologien sowie Naturschutzkonzepte berücksichtigen. Des Weiteren müssen auf wissenschaftlicher Evidenz aufbauende juristische und ökonomische Strategien des Interessenausgleichs bei der Nutzung genetischer Ressourcen, etwa zur Medikamentenentwicklung, entwickelt werden.