

13 Programm ATMO - Biosphäre und Lebensraum

	Ist 2001	Soll 2002	Soll 2003
Vollkosten (Mio. €)		5,9	9,6

Mittelfristige Ziele

Die Biosphäre sowie die in vielen Regionen der Erde wachsenden Ballungsgebiete und Megacities stellen im Rahmen des Systems Erde zentrale Lebensräume dar, die durch die Änderungen der Umweltrahmenbedingungen (Klima, UV-Strahlung, Schadstoffkonzentrationen) wie auch durch direkte Eingriffe des Menschen (z.B. Landnutzungsänderungen, Flächenversiegelung, Wasserverbrauch) dramatisch verändert und belastet werden. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die globale Klimaänderung, die zu sehr unterschiedlichen Ausprägungen des Klimas auf der regionalen Skala führen wird mit bisher nicht abschätzbaren Konsequenzen sowohl für die Biosphäre und den an sie eng gekoppelten Wasserkreislauf als auch für die in den explodierenden Megacities der Länder der Dritten Welt lebenden Menschen.

Die terrestrische Biosphäre mit ihren naturnahen und anthropogen geprägten Bereichen bestimmt unmittelbar die Umwelt- und Lebensbedingungen auf der Erde. Sie ist eine dominante Senke und Quelle wichtiger atmosphärischer Spurenstoffe und beeinflusst dadurch maßgeblich die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre. Durch ihre land- und forstwirtschaftliche Nutzung stellt die terrestrische Biosphäre die Lebensgrundlage für die Menschheit dar und hat darüber hinaus einen wichtigen Einfluss auf den regionalen Wasserhaushalt und damit auch auf die Verfügbarkeit von Wasser mit einer ausreichenden Qualität. Die umfassendsten und auch deutlich sichtbaren Veränderungen erfolgen durch die Umwandlung von naturnahen Ökosystemen in land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen. Weniger sichtbar, dafür aber langfristig wirksam sind die indirekten Einwirkungen auf die Biosphäre. Dazu gehören neben der bereits genannten Klimaänderung u.a. der Eintrag von Schadstoffen aus der Luft sowie die Zunahme der UV-Strahlung aufgrund der Abnahme des stratosphärischen Ozons. Diese Faktoren gefährden nicht nur die Biodiversität und damit auch die Stabilität der bestehenden Ökosysteme, sondern verändern auch die Emission/Deposition und Verteilung wichtiger umweltrelevanter Spurenstoffe, die ihrerseits wieder auf die regionalen und globalen Umweltbedingungen rückkoppeln.

Ein wichtiger Lebensraum der Menschen sind die Ballungsgebiete und Megacities, die durch hohe Schadstoffkonzentrationen und daraus resultierende gesundheitliche Belastungen gekennzeichnet sind. Betroffen sind davon in besonderem Maße die Schwellen- und Entwicklungsländer, in denen die heute angetroffenen Konzentrationen toxischer Spurenstoffe in der bodennahen Luftschicht die für Europa geltenden Grenzwerte weit überschreiten und erhebliche ökologische und sozio-ökonomische Folgewirkungen verursachen. Diese Situation wird sich in diesen Ländern aufgrund der rasch wachsenden Bevölkerung, der zunehmenden Urbanisierung sowie der regionalen Klimaänderung verschärfen und die Lebensqualität in diesem Lebensraum weiter verschlechtern und die Ergreifung von Anpassungs- und Vermeidungs-Strategien zwingend erfordern.

Die anthropogenen Schadstoffemissionen in Ballungsgebieten sowie die durch Landnutzungsänderungen beeinflusste biogene Emission und Deposition umweltrelevanter Spurenstoffe wirken sich aufgrund der Dynamik der Atmosphäre nicht nur auf einzelne Regionen aus, sondern sind global wirksam und beeinflussen damit auch Ökosysteme, die nicht durch den Menschen genutzt werden. Es sind deshalb globale und umfassende Maßnahmen dringend erforderlich, die sich nicht nur auf die Reduktion des anthropogen bedingten Schadstoffausstoßes beschränken dürfen, sondern auch den Schutz der naturnahen Ökosysteme beinhalten müssen.

Das Programm „Biosphäre und Lebensraum“ hat sich folgende Schwerpunkte gesetzt:

- **Systemverständnis von Ökosystemen:** Ein wichtiger Bestandteil dieses Schwerpunkts ist die Verbesserung des noch unzureichenden Kenntnisstands über das Systemverhalten von Landschaften und Ökosystemen. In einem integrierten Ansatz werden die das Gesamtsystem steuernden biologischen und chemisch/physikalischen Prozesse quantifiziert sowie die komplexen Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Mikroorganismen in ausgewählten Ökosystemen

erfasst. Weiterhin werden der Einfluss von Klima- und Landnutzungsänderungen auf die ökosystemaren Stoffflüsse und die Biodiversität untersucht und Rückkopplungsmechanismen identifiziert und quantifiziert. Aufbauend auf den erzielten Ergebnissen werden abschließend die Risiken einer Nutzung naturnaher Ökosysteme abgeleitet und Massnahmen für eine nachhaltige Nutzung von Ökosystemen sowie für eine Wiederherstellung gestörter Ökosysteme definiert. Die Stabilität und Dynamik der terrestrischen Ökosysteme werden maßgeblich durch die Biodiversität bestimmt, die ihrerseits wiederum sehr von den durch den globalen Wandel verursachten Veränderungen abhängig ist. Die Untersuchung der Biodiversität, hier insbesondere der komplexen Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Spezies und Populationen, ist deshalb ein wichtiger grundlegender Bestandteil jedes ökosystemaren Ansatzes. Dieses setzt grundlegende Kenntnisse über die pflanzlichen und mikrobiellen Prozesse, die durch Laboruntersuchungen und Feldexperimente untersucht werden, voraus.

- **Gekoppeltes, prozess-orientiertes Modellsystem:** Die Quantifizierung des Stoffaustausches zwischen Biosphäre und der Atmosphäre und seiner zukünftigen Änderung in Abhängigkeit von Änderungen der Umweltrahmenbedingungen und von direkten anthropogenen Eingriffen ist aufgrund der daran beteiligten komplexen, vielfach nicht-linearen Prozesse nur mit Hilfe prozess-basierter Modelle möglich. Es wird deshalb in Ergänzung zu der Entwicklung/Weiterentwicklung von biologischen Prozess-Modellen ein gekoppeltes Modellsystem, bestehend aus regionalen Klima-/Chemie-/Hydrologie-/Biosphären-Modellen, entwickelt. Mit Hilfe dieses Modellsystems werden der Beitrag der Biosphäre zu den biogeochemischen Kreisläufen wichtiger klimarelevanter Spurenstoffe quantifiziert und die Auswirkungen des globalen Wandels (u.a. Zunahme der CO₂-Konzentration, globale Klimaänderung, Eutrophierung und Änderung der UV-Strahlung) auf den Stoffaustausch zwischen Atmosphäre und Biosphäre untersucht. Darüber hinaus werden die weiterentwickelten biologischen Prozess-Modelle sowie das Modellsystem für die momentane bzw. zukünftige Abschätzung der biogenen Emissionen klimarelevanter Spurenstoffe auf nationaler Ebene genutzt und damit ein Beitrag zur Erstellung von im Kyoto-Protokoll geforderten nationalen Emissionskatastern biogener Treibhausgase geleistet.
- **Wasserhaushalt und Wassermanagement:** Die in diesem Schwerpunkt durchgeführten Arbeiten konzentrieren sich auf den Wasserhaushalt ausgewählter Ökosysteme klimasensitiver Gebiete und deren Bedeutung für die regionale Wasserverfügbarkeit im globalen Wandel. Ein besonderer Fokus dieser Arbeiten liegt auf Fragestellungen der Wasserknappheit in semiariden Gebieten und des Hochwasserrisikos in Gebirgsregionen. Hier können schon geringe Veränderungen der Landnutzung und des Klimas zu erheblichen ökologischen und sozio-ökonomischen Auswirkungen führen. Im Rahmen dieses Schwerpunkts werden wissenschaftliche Grundlagen sowie Strategien und Instrumente zur Entscheidungshilfe für nachhaltiges Wassermanagement unter regionaler Klimaänderung erarbeitet. Dazu wird ein gekoppeltes meteorologisch-hydrologisches Modellsystem entwickelt und validiert und auf konkrete Einzugsgebiete angewandt. Basierend auf der Quantifizierung der mit der Klimaänderung einhergehenden Veränderung von Niederschlagsmengen, -intensitäten, oder -saisonalität und des dadurch veränderten oberflächigen Wasserhaushalts werden in Kooperation mit Entscheidungsträgern Anpassungsmaßnahmen für nachhaltiges Wassermanagement abgeleitet.
- **Luftreinhaltung in Ballungsgebieten und Megacities:** Im Rahmen dieses Schwerpunkts werden die Schadstoffbelastungen in ausgewählten Megacities und Ballungsgebieten in Zusammenarbeit mit den örtlichen Entscheidungsträgern erfasst und bewertet, bevor dann nachhaltige Maßnahmen zur Emissionsminderung abgeleitet und langfristig begleitet werden. Dazu werden vorhandene Chemie-Transportmodelle verbessert, effiziente Methoden zur Berechnung von Belastungsmetriken entwickelt und Kosteneffizienz- bzw. Kosten/Nutzen-Berechnungen durchgeführt. Ein wichtiger Aspekt sind dabei die durch globale/regionale Klimaänderung bedingten Veränderungen des Transports und der Chemie sowie der biogenen Emission photochemisch aktiver Spurenstoffe, die bei der Prognose der Immissionssituation unbedingt berücksichtigt werden müssen.

Eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Umweltforschung ist die Bereitstellung der erforderlichen Geodaten mit der notwendigen zeitlichen und räumlichen Auflösung. Dazu werden Geographische Informations-Systeme (GIS) mit Umweltsimulationsmodellen gekoppelt und schließlich hochwertige Geoinformationsprodukte abgeleitet, die in einer Datenbank verwaltet und als Service für die Wissenschaft, Politik und Behörden bereitgestellt werden.

Mit Hilfe dieser Schwerpunkte trägt das Programm "Biosphäre und Lebensraum " nicht nur zur Verbesserung des wissenschaftlichen Kenntnisstands über das System "Biosphäre" und seine Wechselwirkungen zu den angrenzenden Subsystemen bei, sondern leistet auch einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und über die Reduktion der Luftverschmutzung in Megacities auch zur

Verbesserung der Lebensqualität der in diesem Lebensraum lebenden Menschen.

Aktueller Stand

Derzeit werden im Programm "Biosphäre und Lebensraum" bereits umfangreiche problemorientierte FuE-Arbeiten auf dem Gebiet des Klimaschutzes unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsgesichtspunkten in nationaler und internationaler Zusammenarbeit durchgeführt. Die Arbeiten erfolgen im Rahmen eines integrierten Forschungsansatzes, bei dem die grundlagenorientierte Forschung unmittelbar mit der Anwendung verknüpft ist und die auf operationeller Ebene erzielten Ergebnisse für die Validierung bzw. Verbesserung der entwickelten Instrumentarien genutzt werden.

Ein besonderer Schwerpunkt der laufenden Arbeiten sind die numerischen Simulationsmodelle, die laufend verbessert und an die in den einzelnen Projekten gestellten Anforderungen angepasst werden. Die Bereitstellung numerischer Simulationsmodelle ist eine grundsätzliche Voraussetzung, wenn (a) die untersuchten komplexen Systeme mit ihren vielfältigen Wechselwirkungen verstanden, (b) ihre Veränderungen bei sich ändernden Klima- und anderen Randbedingungen mit den daraus resultierenden Auswirkungen prognostiziert und (c) Handlungsempfehlungen abgeleitet werden sollen. Derzeit wird ein **gekoppeltes Modellsystem** entwickelt, mit dem der Einfluß der Globalen Klimaänderung auf die Dynamik der Vegetation und den Austausch von Spurenstoffen zwischen der Biosphäre und angrenzenden Kompartimenten quantifiziert werden kann. In nächster Zukunft wird dieses Modellsystem durch ein flächendifferenziertes hydrologisches Modell für die Bearbeitung von Fragen bzgl. des Wassermanagements ergänzt.

Ein weiteres wichtiges Aufgabengebiet ist die laufende **Entwicklung bzw. Verbesserung von Messverfahren**, die für die Durchführung von Laborstudien und Messkampagnen eingesetzt werden. Dabei werden zunehmend einzelne Messverfahren zu Messsystemen gekoppelt, mit denen komplexe Fragestellungen, wie z.B. die Bestimmung von Spurenstoffflüssen an der Grenzfläche zwischen Biosphäre und Atmosphäre, bearbeitet werden können. Hierzu kommen modernste mikrometeorologische Meßverfahren (Eddy Covariance, REA) mit neuesten Sensoren zum Einsatz, die zur Quantifizierung von Spurenstoffflüssen auf der Landschaftsebene zu flugzeuggestützten Meßsystemen weiterentwickelt werden. Von zunehmender Bedeutung sind auch bodengestützte optische Messverfahren, mit deren Hilfe heterogen verteilte bzw. flächenhafte Emissionen aus biogenen und anthropogenen Quellen bestimmt sowie die Immissionen in urbanen Gebieten überwacht werden.

Zur Zeit werden umfangreiche Untersuchungen über die Wechselwirkungen zwischen der terrestrischen Biosphäre und ihren angrenzenden Subsystemen sowie die daran beteiligten **biologischen, chemischen und physikalischen Prozesse** durchgeführt. Im Mittelpunkt stehen dabei Langzeitmessungen an ausgewählten Messstationen (z.B. Höglwald) sowie Laborstudien und Feldmesskampagnen, deren Ergebnisse zu einer wesentlichen Verbesserung des Systemverständnisses von ausgewählten Ökosystemen (z.B. Wälder, Feuchtgebiete, Grassteppen, Savannen) beitragen. Aufbauend auf den erzielten Ergebnissen werden prozessorientierte biologische Modelle entwickelt, die zur Berechnung der Stoffflüsse innerhalb der untersuchten Ökosysteme sowie des Stoffaustauschs mit der Atmosphäre und der im Kyoto-Protokoll geforderten Erstellung regionaler/nationaler Emissionskataster von klimarelevanten Spurenstoffen genutzt werden. Dabei kommen Geographische Informations-Systeme (GIS) zum Einsatz.

Von wachsender Bedeutung sind die laufenden Untersuchungen über den Einfluss von Landnutzungsänderungen und Klimaänderungen auf den **Wasserhaushalt** größerer Landschaften sowie die Menge und Qualität des abfließenden Wassers, auf deren Grundlage Bewertungsinstrumente zum **nachhaltigen Wassermanagement** abgeleitet werden. Die Arbeiten konzentrieren sich zur Zeit auf Untersuchungen zur Auswirkung der Klimaänderung auf die Wasserverfügbarkeit im semiariden Westafrika. Dazu werden gekoppelte regionale Klima-Hydrologie Simulationen durchgeführt. In Zusammenarbeit mit lokalen Partnern werden die Ergebnisse in einem ökonomischen Wasser-Optimierungsmodell weiterverarbeitet und entsprechende Anpassungsmaßnahmen abgeleitet. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Entwicklung eines verbesserten Kurzfrist-Hochwasservorhersagesystems für alpine Einzugsgebiete, das zu einem verbesserten Hochwasserschutz in Quellgebieten beitragen soll. Hier wird eine numerische Niederschlagsvorhersage mit einem Abflussmodell gekoppelt unter zusätzlicher Einbindung von Radarniederschlagsdaten.

Die Arbeiten auf dem Gebiet der **Luftreinhaltung** konzentrieren sich z. Zt. auf Ballungsräume in Europa sowie Megacities wie Mexico City und Umgebung, die in Anbetracht der speziellen Lage und ihrer dynamischen Entwicklungen mit erheblichen Luftqualitätsproblemen zu kämpfen haben. Um diese Situation zu verbessern, wird zur Zeit in Zusammenarbeit mit örtlichen Umweltbehörden, der

Weltbank, der Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) sowie mit Forschungseinrichtungen aus USA und Holland ein "Air Quality Management Plan" erarbeitet. Im Rahmen des dazugehörigen und von der Weltbank koordinierten Programms werden durch das FZK diagnostische Studien zur Bewertung der bestehenden Schadstoffbelastung durchgeführt sowie Emissionskataster erstellt, die unter Berücksichtigung der demographischen und industriellen Entwicklung bis zum Jahr 2010 fortgeschrieben und für prognostische Studien eingesetzt werden. Gleichzeitig werden Szenarienrechnungen für die Ableitung von Emissionsminderungsmaßnahmen durchgeführt und die mexikanischen Partner in die Handhabung eines Schadstoffausbreitungsmodells eingewiesen.

Zielgruppen und Dauer

Die gesamten Arbeiten des Programms "Biosphäre und Lebensraum" sind in verschiedene nationale und internationale Verbundforschungsvorhaben integriert. In einigen Fällen ist dem vorliegenden Programm die Koordinationsfunktion übertragen worden. Es wird angestrebt, diese Funktionen, u.a. innerhalb des 6. Rahmenprogramms der EU weiter auszubauen und in die geplanten Networks of Excellence/Integrierten Projekte einzubringen.

Die im Rahmen dieses Programms durchgeführten Arbeiten zeichnen sich durch die Anwendungsorientierung sowie den hohen Vernetzungsgrad mit deutschen und ausländischen Forschungseinrichtungen aus, der im Zuge der kommenden internationalen Forschungsanstrengungen auf dem Gebiet der Umweltforschung weiter ausgebaut werden soll. Ein besonderes Gewicht wird der Ausbildung von Wissenschaftlern und technischem Personal aus den Schwellen- und Entwicklungsländern gegeben, mit deren Hilfe die dort durchgeführten gemeinsamen Umwelt- und Klimaschutzprojekte intensiviert werden.

Angesichts der Komplexität und des Umfangs der in diesem Programm zu bearbeitenden Fragestellungen sind die FuE-Arbeiten langfristig angelegt und entsprechen damit den in der Vorsorgeforschung üblichen Zeithorizonten. Die einzelnen Themenschwerpunkte werden flexibel und in Abhängigkeit vom Bedarf bei der Lösung spezifischer Umweltprobleme festgelegt. Dabei wird auf Messstationen zurückgegriffen, die einem Großgerät vergleichbar mit komplexer Infrastruktur versehen und für langfristige Mess- und Dauerversuche in Kooperation mit anderen universitären und außeruniversitären Einrichtungen genutzt werden.

Zielgruppen der in diesem Programm erzielten Ergebnisse und Erkenntnisse sind einmal die wissenschaftliche Gemeinschaft sowie die Politik und Umweltbehörden, wobei eine Zusammenarbeit im kontinuierlichen Dialog angestrebt wird. Besonders hervorzuheben sind die gewachsenen Beziehungen mit politischen Entscheidungsträgern in den Entwicklungs- und Schwellen-Ländern. Eine Zusammenarbeit besteht ebenfalls mit der Industrie, u.a. in der Entwicklung bzw. Vermarktung von umweltmesstechnischen Systemen.

Beteiligte Institute und wiss.-techn. Hauptabteilungen

IAI, HIK, IMK, ITAS, ITC-WGT, MAP

Das Programm enthält zur Zeit die Arbeitsthemen

13.01 Terrestrische Biosphäre und Wasserhaushalt

13.02 Luftqualität in Megacities und Ballungsgebieten

13.01 Terrestrische Biosphäre und Wasserhaushalt

Mittelfristige Ziele

Die terrestrische Biosphäre und der Wasserhaushalt sind auf das engste miteinander gekoppelt. Einerseits ist die Existenz und Aktivität der terrestrischen Biosphäre unmittelbar vom Wasser und dessen Verfügbarkeit abhängig, andererseits ist die Biosphäre von zentraler Bedeutung für den Wasserkreislauf von Ökosystemen, Landschaften und Kontinenten. Die Wechselwirkungen zwischen Biosphäre und Wasserhaushalt sind darüber hinaus von entscheidender und unmittelbarer Bedeutung für die ökosystemaren Stoffumsetzungen und den Austausch zwischen der Biosphäre und der Atmosphäre, der die stoffliche Zusammensetzung der Atmosphäre und damit das Klima entscheidend beeinflusst.

Das dynamische Gleichgewicht zwischen Biosphäre, Hydrosphäre und Atmosphäre mit seinen vielfältigen und komplexen Rückkopplungsmechanismen wird durch die anthropogen bedingte globale Klimaänderung in einem erheblichen Umfang gestört. Damit werden sowohl der Wasserkreislauf und die Verfügbarkeit von Wasser in den betroffenen Ökosystemen als auch die ökosystemaren Stoffumsetzungen und der Austausch von Spurenstoffen an der Grenzschicht zwischen der Biosphäre und der Atmosphäre direkt beeinflusst. Über den Austausch von Wasser über Flüsse oder den Pfad der Atmosphäre sind auch weit entfernte Ökosysteme unmittelbar betroffen. In vielen Gebieten wirken darüber hinaus auch noch Änderungen anderer Rahmenbedingungen wie z.B. der Schadstoff-/Nährstoffeintrag, aber auch direkte Eingriffe des Menschen (Landnutzungsänderungen) in hochkomplexer Weise auf die Ökosysteme ein und führen zu einer Veränderung der Biodiversität und beeinträchtigen damit auch die Stabilität bestehender Ökosysteme sowie den Wasserhaushalt und die Wasserqualität.

Die terrestrische Biosphäre und der Wasserhaushalt werden durch eine Vielfalt komplexer und interagierender Prozesse kontrolliert, die bekannt und verstanden sein müssen, wenn belastbare Aussagen über die Auswirkungen des globalen Wandels auf die Biosphäre und ihre Nutzung sowie den Austausch mit angrenzenden Kompartimenten, insb. der Atmosphäre und Hydrosphäre, getroffen werden sollen. Wegen der vielfältigen und vielfach nicht-linearen Rückkopplungsmechanismen ist dazu der Einsatz eines prozess-orientierten Modellsystems erforderlich, das Biosphäre, Klima, Chemie und Hydrologie koppelt und sozio-ökonomische Aspekte berücksichtigt. Ein derartiges Modellsystem steht derzeit nicht zur Verfügung und wird im Rahmen dieses Arbeitsthemas entwickelt und schließlich für Prognosezwecke angewandt.

Vom globalen Wandel sind besonders die natürlichen bzw. naturnahen Ökosysteme und hier insbesondere die Wälder, tropischen Feuchtgebiete und semiariden Gebiete (Grassteppen, Savannen), betroffen, die auch unter einem erheblichen Nutzungsdruck aufgrund der in diesen Gebieten vorhandenen demographischen Entwicklung stehen. Diese Gebiete und Landschaften bilden den Schwerpunkt dieses Arbeitsthemas. Diese Ökosysteme sind z.T. sehr klimasensitiv und beinhalten umfangreiche Kohlenstoff- und Stickstoffvorräte, so dass bereits kleine Änderungen des Klimas und/oder der Landnutzung zu erheblichen Änderungen der Stoff-Flüsse an der Grenzschicht zwischen der Biosphäre und der Atmosphäre führen.

Übergeordnete Ziele des Arbeitsthemas sind:

- Verbesserung des Systemverständnisses der Biosphäre und ihrer Wechselwirkungen und Rückkopplungsmechanismen mit der Atmosphäre und Hydrosphäre unter Einsatz modernster Messverfahren und Messsysteme zum Studium von Flüssen und Prozessen (z.B. EC, REA, stabile Isotopentechnik)
- Weiterentwicklung prozessorientierter biologischer Modelle sowie Aufbau eines gekoppelten Klima-/Chemie-/Hydrologie-/Biosphäre-Modellsystems zur Quantifizierung der langfristigen Auswirkungen des globalen Wandels (u.a. Klima, Landnutzung, Nährstoffeintrag) auf die gekoppelten Kreisläufe von C- und N sowie den Wasserhaushalt und die Wasserqualität in ausgewählten terrestrischen Ökosystemen/Landschaften (Wälder, Feuchtgebiete, Grassteppen, Savannen);
- Anwendung der Modelle bzw. des gekoppelten Modellsystems zur Erstellung gegenwärtiger bzw. zukünftiger regionaler und globaler Emissionskataster biogener Spurenstoffe als Beitrag zum Kyoto-Prozeß, zur Verbesserung der Prognose der globalen Klimaänderung sowie zur Ableitung von Anpassungs-/Minderungs-/Vermeidungsstrategien zur Sicherung einer nachhaltigen Nutzung der terrestrischen Biosphäre sowie der Ressource Wasser (decision support);

- Wissens- und Technologie-Transfer in Entwicklungs- und Schwellenländer (capacity building).

Aktueller Stand

Zur Verbesserung des Systemverständnisses der Biosphäre und zur Ableitung von Strategien zur Anpassung an die Folgen einer Klimaänderung wird derzeit ein gekoppeltes Modellsystem entwickelt, in dem prozess-basierte Modelle zur Simulation des Klimas, der Vegetationsdynamik, der biogenen Emissionen und des Wasserkreislaufs untereinander vernetzt werden. Wichtige biologische, pflanzenphysiologische und physikalisch/chemische Prozesse werden durch interdisziplinäre und langfristig angelegte Forschungsarbeiten untersucht, in denen u. a. Langzeitmessungen an Dauermessstationen, Freilandmesskampagnen in ausgewählten Ökosystemen und intensive Laborstudien eng miteinander verknüpft sind.

Zur Zeit werden die Dauermessstation Höglwald bei Augsburg sowie die Satellitenstation in der schwäbischen Alb (nahe Tuttlingen) dazu genutzt, die Auswirkungen forstlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen sowie unterschiedlicher klimatischer Randbedingungen auf den ökosystemaren C- und N-Kreislauf, die ökosystemaren Stoffströme und Biota in unterschiedlichen Waldbeständen zu untersuchen. Simultan werden mikrobiologische und pflanzenbiologische Prozessstudien in Freiland und Labor durchgeführt, um das Verständnis von C- und N-Austauschvorgängen (CH₄, CO₂, VOC, NO_x, N₂O) zwischen Biosphäre und Atmosphäre, deren Abhängigkeit von abiotischen und biotischen (u.a. den organismischen Wechselwirkungen zwischen Pflanze/Mikroorganismen und Pflanze/Borkenkäfer) im Ökosystem zu verbessern. Darüberhinaus wird derzeit die hochkomplexe Regulation der an der pflanzlichen VOC-Emission beteiligten Schlüsselenzyme der Isopren- und Monoterpenbildung untersucht und die Überexpression eines dieser Schlüsselenzyme (Isoprensynthase) in geeigneten Vektoren in Angriff genommen.

Die Lösung der hochkomplexen Fragestellungen erfordert die Entwicklung innovativer Messverfahren und Technologien, die z.T. in Kooperation mit mittelständischen Unternehmen bis zur Marktreife gebracht werden. So wird zur Zeit ein innovatives Verfahren zur Bestimmung von *in situ* Brutto-Nitrifikationsraten in Böden nach der Markteinführung weiterentwickelt. Darüberhinaus wird das Spektrum der angewandten mikrometeorologischen Messverfahren/-systeme (EC, REA) auf die Anwendung in flugzeuggestützten Messplattformen weiterentwickelt.

Die aus Freiland- und Prozeßuntersuchungen gewonnenen Ergebnisse aus temperaten und tropischen Waldökosystemen werden derzeit zur Verbesserung des C/N-Modells PnET-N-DNDC sowie des VOC-Emissionsmodells SIM-BIM genutzt und anhand von Freilanddaten validiert. Das Waldwachstumsmodell BALANCE wird hinsichtlich der physiologischen Prozesse in Mischbeständen parametrisiert und validiert. Nach erfolgreicher Validierung des meteorologischen Modells MM5 für Westafrika mittels Niederschlagsstationsdaten und Radiosondenprofilen wurden skalenabhängige, positive wie auch negative Rückkopplungsmechanismen identifiziert. Zusätzlich wurden für diese Region Klimasimulationen durchgeführt und erste Trends der zu erwartenden Veränderung in der Wasserverfügbarkeit ermittelt. Dem subgridskaligen Einfluss des im Voltabecken typischen Savannen- und Grassland-Mosaiks auf die Verdunstungsberechnung wird mit einem eigens entwickelten Upscaling-Verfahren Rechnung getragen.

Die prozessorientierten Modelle PnET-N-DNDC und DNDC werden derzeit in Verbindung mit GIS für die Berechnung zeitlich hochauflösender N₂O- und NO-Emissionskataster für die landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich genutzten Flächen des Freistaats Sachsen und Deutschlands sowie für die Waldökosysteme Europas und tropischen Regenwälder Australiens angewandt. Gegenwärtig werden erste Szenarienrechnungen zur Prognose der regionalen Entwicklung von N₂O- und NO-Emissionen aus temperaten Wäldern unter veränderten Umweltrahmenbedingungen durchgeführt sowie im Rahmen einer regionalen Fallstudie (Feuchtgebiete in Asien) moderne Planungsinstrumentarien für eine nachhaltige und ökonomisch sinnvolle Landnutzung getestet und erweitert. Im Rahmen der Aktivitäten für ein verbessertes Hochwasser-Frühwarnsystem wurde für das Einzugsgebiet der Mangfall die Leistungsfähigkeit von hoch aufgelösten gekoppelten Meteorologie-Hydrologie-Simulationen demonstriert.

Zur Zeit werden im Rahmen des Wissens- und Technologie-Transfers (capacity building) Studenten und Wissenschaftler aus China, Mexiko, Ghana und Kenia (a) in Methoden und Modellanwendungen zur Quantifizierung des Austauschs von Spurengasen zwischen der Biosphäre und der Atmosphäre sowie (b) in der Wasserhaushaltsmodellierung sowohl vor Ort als auch am IMK-IFU ausgebildet.

Arbeitsprogramm für 2003

- a) Verbesserung des Systemverständnisses im Rahmen von Freiland- und Laborstudien mit besonderem Schwerpunkt auf der Erfassung der C- und N-Flüsse/Speicherung sowie der darin involvierten biotischen und abiotischen Prozesse in Waldökosystemen Deutschlands,

- Australiens, Afrikas sowie Untersuchung der Auswirkungen von Waldumbaumaßnahmen sowie klimatischer Variabilität auf den C/N-Kreislauf und Wasserhaushalt;
- b) Ausbau der Dauerbeobachtungsstation Höglwald für den Einsatz mikrometeorologischer Messverfahren (zunächst für CO₂- und H₂O-Bestandsflüsse; u.a. Aufbau eines Messturms) sowie Aufbau eines flugzeuggestützten Turbulenzmesssystems;
 - c) Identifizierung der biochemischen und molekularbiologischen Regulation der VOC-Emission bei Bäumen und des antioxidativen Stoffwechsels bei Nutzpflanzen; Transformation von Pappeln, Birken und *Arabidopsis* mit Genen des pflanzlichen Isoprenoidstoffwechsels;
 - d) Weiterentwicklung prozessorientierter Modelle zur Simulation des ökosystemaren C- und N-Kreislaufs sowie der Biosphäre/Atmosphäre Wechselwirkungen; Weiterentwicklung eines Modells zur Mischwaldentwicklung; vorbereitende Arbeiten zum Aufbau des gekoppelten Modellsystems; Sensitivitätsstudien bzgl. der räumlichen Auflösung des MM5-Modells und des subgridskaligen Transports bei starken Hangneigungen;
 - e) Erstellung aktueller regionaler Emissions- und Depositionskataster umweltrelevanter biogener Spurenstoffe auf der Basis bestehender Prozeßmodelle sowie erste Szenarienrechnungen zur Prognose der Auswirkungen künftiger Klimaänderungen auf den C- und N-Spuren gasaustausch; Weiterentwicklung von Planungsinstrumenten für eine nachhaltige Landnutzung in tropischen Tiefländern unter besonderer Berücksichtigung der Minderung/Vermeidung von Treibhausgasemissionen;
 - f) Analyse der langfristigen Wasserverfügbarkeit in Westafrika durch gekoppelte Meteorologie-Hydrologie-Simulationen. Erste Versuchsläufe zum Hochwasser-Frühwarnsystem im alpinen Raum.

Beteiligte Institute und wiss.-techn. Hauptabteilungen

IMK, ITAS, ITC-WGT, HIK, MAP

Zusammenarbeit mit Hochschulen und wissenschaftlichen Institutionen

national

Technische Univ. München, Freising, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Fachgebiet Waldernährung und Wasserhaushalt des Wissenschaftszentrums Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt; Univ. Freiburg, Inst. für Baumpsihologie, Inst. für Bodenkunde und Waldernährung, Inst. für Waldwachstum; Meteorologisches Inst.; Univ. Cottbus, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung der Brandenburgischen Technischen Universität; Univ. Augsburg, Inst. für Umweltmeteorologie; Inst. für Physische Geographie, Inst. für Angewandte Mathematik; Gesamthochschule Wuppertal, Fachbereich für Physikalische Chemie; Univ. Tübingen, Botanisches Inst.; Univ. Göttingen, Forstbotanisches Inst.; Univ. Würzburg, Inst. für Botanik I und II; Univ. Trier, Inst. für Physische Geographie; Univ. Braunschweig, Inst. für Botanik, Inst. für Geoökologie, Abteilung Hydrologie und Landschaftsökologie; Institut für Flugführung; Univ. Gießen, Inst. für Landeskultur; Univ. Kiel, Inst. für Pflanzenernährung und Bodenkunde; Univ. Bonn, Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF); TU Darmstadt, Inst. für Botanik; Univ. Stuttgart, Institut für Wasserbau; Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Müncheberg; MPI für Chemie, Mainz; MPI für Biogeochemie, Jena; MPI für Chemische Ökologie; BITÖK, Bayreuth; GSF Neuherberg, Inst. für Biochemische Pflanzenpathologie; UFZ Leipzig-Halle, Abteilung für Bodenwissenschaften; Forschungszentrum Jülich, Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre

international

Univ. of New Hampshire at Durham, USA, Center for the Study of Earth, Ocean and Space; Univ. Basel, Schweiz, Inst. für Botanik; International Center of Agroforestry (ICRAF), Nairobi, Kenia; Tropical Forest Research Center (TFRC) of CSIRO, Atherton, Australia; Inst. for Atmospheric Physics, CAS, Beijing, China; Forstliche Bundesanstalt Österreich; JRC, Ispra, Italy; Univ. of Edinburgh, Univ. of Manchester; RISÖ, Denmark; Univ. of Helsinki, TNO, Netherlands; DNMI, Norwegen; CNR, Rome; CNR, Florence; CNRS, Montpellier; IRRI, Manila, Philippinen, CARN, Nairobi, Kenia; King Mongkut Univ., Bangkok, Thailand; ALTERRA, Wageningen, Niederlande; Cranfield University, United Kingdom; Center for Mathematical Sciences, Univ. of Ghana at Legon, Ghana; National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Boulder, USA; International Center for Theoretical Physics (ICTP), Trieste, Italy; Water Resources Inst., Ghana; Atmospheric Science Center, National Univ. of Mexico.

Zusammenarbeit mit der Industrie

national

Fa. UMS, München

Weitere Zusammenarbeiten

Behörden

Inst. für Forstökologie und Walderfassung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg, Eberswalde; Forstliche Versuchsanstalt des Landes Baden-Württemberg, Freiburg; Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Trippstadt; Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising; Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Freising; UBA, Berlin; Wasserwirtschaftsämter Rosenheim und Weilheim; Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München; Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg (DWD)

Verbundprojekte

BMBF, DFG, Land Bayern

Zukunftsorientierte Waldwirtschaft; BEWA2000, GLOWA; DEKLIM; VERTICO, BIOTA-Ost; DFG-Verbund Tuttlingen; Schwerpunktprogramm (SPP 717) der DFG („Der Apoplast der höheren Pflanze: Speicher-, Transport- und Reaktionsraum“); DFG-Forscherguppe ("Poplar - A model to address tree specific questions"); bayforuv; Zentrum für Umweltsimulation, Augsburg

EU-Projekte

NOFRETETE; IRMLA

13.02 Luftqualität in Megacities und Ballungsgebieten

Mittelfristige Ziele

Ziel des Vorhabens ist es, den Einfluss regionaler Klimaänderungen auf die Luftqualität in stark verschmutzten Gebieten wie Megacities und Ballungsgebieten zu untersuchen und die erzielten Ergebnisse den zuständigen politischen Entscheidungsträgern bei der Ableitung und Kontrolle von Massnahmen zur Sicherung der Luftqualität (Air Quality Management Plan) bereitzustellen. Um dieses Ziel zu erreichen, muss zunächst die bestehende lufthygienische Situation erfasst und bewertet werden, um darauf aufbauend Immissionsprognosen unter Berücksichtigung demographischer und klimatischer Änderungen zu erstellen und schliesslich Handlungsempfehlungen ableiten zu können, deren Durchführung anschliessend langfristig begleitet wird. Dieses Vorgehen erfordert einen integrierten und multidisziplinären Ansatz, der nicht nur naturwissenschaftliche, sondern auch gesundheitliche und sozio-ökonomische Aspekte berücksichtigt.

Ein Schwerpunkt bei diesem Vorhaben liegt in der Durchführung von Modellrechnungen zur Prognose der Entwicklung der Schadstoffbelastung in Megacities und Ballungsgebieten mit einer hohen räumlichen und zeitlichen Auflösung für lufthygienische, epidemiologische und stadtplanerische Analysen sowie der Entwicklung und Anwendung von Verfahren zur Berechnung von Belastungsmetriken und zur Durchführung von Kosten-Nutzen-Analysen. Solche Berechnungen müssen die Änderungen der Landnutzung, des globalen und regionalen Klimas, der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre sowie der biogenen und anthropogenen Emissionen berücksichtigen. Wesentliches Werkzeug dafür sind numerische Modelle, die unterschiedliche räumliche Skalen (Meso- und Mikroskala) abdecken. Ferner ist die Verfügbarkeit qualitätsgesicherter Geodaten in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung erforderlich. Für diese Zwecke werden entsprechende Datenbanken und GIS-Werkzeuge aufgebaut, ergänzt und aktualisiert.

Der zweite Schwerpunkt dieses Vorhabens ist die quantitative Erfassung und Bewertung der Luftschadstoffbelastung in verschmutzten Gebieten sowie die Erfassung von Emissionen aus schwer zugänglichen Einzelquellen (z.B. Kamine) und heterogenen Flächenquellen (z.B. Industrieanlagen), wobei *in-situ*- und Fernerkundungsverfahren eingesetzt werden. Hierzu werden Fernerkundungsverfahren zur Emissionsbestimmung, Umweltüberwachung und Modellvalidierung sowie Verfahren zur Ableitung von Quellstärken aus Konzentrationsmessungen (Inverse Modellierung) weiterentwickelt. Diese Verfahren werden auch zur Erfassung der Immissionssituation in stark verschmutzten Luftmassen eingesetzt.

Aktueller Stand

Basierend auf dem Multiscale Climate Chemistry Model (MCCM) ist ein gekoppeltes Klima/Chemie/Transportmodell entwickelt worden, das zur Erstellung von Luftreinhaltmassnahmen (Air Quality Management Plan) für Megacities in Entwicklungsländern und Schwellenländern eingesetzt wird. Dieses Instrumentarium wird in seiner derzeitigen Konfiguration für Simulationen der Luftbelastung in verschiedenen Ballungsgebieten in Europa und Mittel- sowie Südamerika verwendet und wird durch den Einbau eines state-of-the-art Aerosolmoduls verbessert sowie in Kooperation mit auf sozio-ökonomischem Gebiet arbeitenden Partnern zu einem „Decision Support System“ weiterentwickelt. Der Schwerpunkt der bisherigen Aktivitäten lag im Bereich von Mexico City, Marseille und Santiago de Chile. Es ist vorgesehen, diese Aktivitäten auf andere Länder in Asien auszudehnen. In Zusammenarbeit mit örtlichen politischen Entscheidungsträgern der Stadt Mexico wurden Cost-Benefit-Analysen zur Verbesserung der Luftqualität in Mexico City und Umgebung (Metropolitan Area) durchgeführt und Emissionsminderungsmassnahmen abgeleitet. Ein besonderer Schwerpunkt waren dabei Berechnungen der Bevölkerungsexposition mit luftgetragenen Schadstoffen bei verschiedenen Minderungs-szenarien.

Ein besonderer Schwerpunkt ist die Validierung der eingesetzten Modelle, die zu einer verbesserten Beschreibung von Transport- und Austauschprozessen dienen. Diese Tools werden für die effiziente Berechnung von Belastungsmetriken eingesetzt. Besondere Aufmerksamkeit wird der Erstellung und Ergänzung von biogenen und anthropogenen Emissionskatastern gewidmet. Ein 10-Doppelprozessor LINUX-Cluster ist installiert worden. Diese Methodik wird nach erfolgreicher Portierung der Modelle MM5 und MCCM auf dieses Cluster an Partner in Mexico City und Santiago de Chile sowie Taiwan weitergegeben. Unabhängig davon wurden die auf dem Gebiet der Luftreinhaltung in Santiago de

Chile laufenden Aktivitäten durch die Zusammenarbeit mit der Universidad de Chile und der staatlichen Umweltbehörde (CONAMA) durch gemeinsame Projekte unter Einbeziehung der GTZ intensiviert.

Im Bereich der messtechnischen Erfassung von Luftschadstoffen nahm das IFU an einer Messkampagne in Santiago de Chile teil und ist am Aufbau einer Modellgruppe beteiligt. Ferner werden FTIR- und DOAS-Messungen zur Erfassung der Luftbelastung im urbanen Bereich sowie zur Bestimmung der Emissionen schwer zugänglicher Quellen durchgeführt; zur Emissionsbestimmung werden auch Verfahren zur Inversen Modellierung weiterentwickelt. Im Rahmen verschiedener Projekte werden laufend Geodaten erhoben, aufbereitet und in Geodatenbanken verfügbar gemacht, wobei ein Schwerpunkt auf den Emissionskatastern biogener VOC liegt.

Arbeitsprogramm für 2003

- a) Anwendung von MCCM in interdisziplinären Projekten auf verschiedene Ballungsgebiete (Mexico City, Santiago de Chile, Marseille); Validierung von Meteorologie und Chemie anhand von Beobachtungen; Einbau, Validierung und Test des Aerosolmoduls; Entwicklung effizienter Verfahren zur Berechnung von Belastungsmetriken; Portierung auf LINUX-Cluster, Parallelisierung;
- b) Einsatz von FTIR-Verfahren zur Verbesserung von Emissionskatastern; Weiterentwicklung der Inversen Modellierung; Erhebung verbesserter Daten zur Luftschadstoffbelastung in urbanen Gebieten und Flughäfen;
- c) Operationalisierung der Bereitstellung von Emissionskatastern für Spurengase biogenen und anthropogenen Ursprungs; Ausbau und Verwaltung des vorhandenen Geodatenbestandes.

Beteiligte Institute und wiss.-techn. Hauptabteilungen

IAI, HIK, IMK

Zusammenarbeit mit Hochschulen und wissenschaftlichen Institutionen

national

Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ); Univ. Wuppertal; Inst. f. Meteorologie Universität Leipzig; Inst. f. Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Univ. Stuttgart; Meteorologisches Inst., Univ. Hamburg; TU Hamburg-Harburg; Bayerisches Landesamt f. Umweltschutz; Bayerisches Staatsministerium f. Landesentwicklung und Umweltfragen; Bundesministerium für Bildung und Forschung; Umweltbundesamt; GSF, Neuherberg; GKSS, Geesthacht; Deutsches Klimarechenzentrum Hamburg; DLR, Oberpfaffenhofen; PTB Braunschweig; Deutsches Wind-Inst. Wilhelmshaven; Zentrum f. Umweltsimulation (Univ. Augsburg und IFU); Univ. Cottbus;

international

Universidad Nacional Autonoma de Mexico (UNAM) Mexico City; Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) Mexico City; Weltbank, Washington; Institute for Environmental Studies (IVM), Vrije Universiteit Amsterdam; Austrian Research Centers, Seibersdorf; National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Boulder; TU Graz; JRC Ispra; ECN, Petten; Comision Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) Santiago de Chile; Universidad Santa Maria, Valparaiso, Chile, Universidad de Chile, Santiago de Chile;

Zusammenarbeit mit der Industrie

national

Fa. Deutsche Lufthansa AG, Frankfurt, Fa. Ruhrgas AG, Dorsten, Fa. Airbus EADS; Fa. Metek, Elmshorn; Fa. GWU, Erfstadt; Gemeindewerke Garmisch-Partenkirchen, Fa. Lohmeyer, Karlsruhe; Fa. Schorling & Partner, Vagen

international

Fa. Kisters SA, Nanterre; Fa. Shell Global Solutions

Weitere Zusammenarbeiten

Verbundprojekte (EU,BMBF)

VERTIKATOR, VALIUM, MOBINET, BEWA-2000, CACHE

EU-Projekte

ESCOMPTE, ICAROS-NET, WISE, AERONET II, ARTEMIS

Sonstige

Niedersächsisches Landesamt für Ökologie; Bundesministerium für Bildung und Forschung;
Umweltbundesamt; Deutscher Wetterdienst