



Universität Hamburg

DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG



CENTRUM FÜR ERDSYSTEMFORSCHUNG UND NACHHALTIGKEIT

FORSCHUNGSPLAN

VERÄNDERUNGEN IM KLIMA- UND ERDSYSTEM

URSACHEN, PROGNOSEN, NACHHALTIGKEITSSTRATEGIEN

1. Auflage, 2016



Lieber Leser, liebe Leserin,

dass Klima-, Umwelt- und Naturschutz große Zukunftsthemen unserer Gesellschaft sind, kann wohl niemand ernsthaft bestreiten. Umso wichtiger ist, dass eine Universität ihrer Verantwortung als Teil der Gesellschaft gerecht wird, und einen wissenschaftlich relevanten Beitrag zu diesen Themen leistet. Die Universität Hamburg leistet dies mit dem Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN), dem ersten zentralen Forschungszentrum unserer Universität.

Die Fragestellungen, mit denen sich die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen des CEN beschäftigen, sind dabei nicht an die Grenzen von Fakultäten oder Fächern gebunden, sondern inter- und transdisziplinär organisiert. Neben naturwissenschaftlicher Grundlagenforschung stehen auch die sozialen Folgen des Klimawandels und die Handlungsoptionen der Gesellschaft im Mittelpunkt der Arbeit.

Damit fügt sich das CEN hervorragend in die bereits 2010 entworfene und seitdem kontinuierlich weiterentwickelte Vision unserer Universität als Universität für eine nachhaltige Zukunft in den vier Dimensionen der inhaltlichen, reflexiv-wissenschaftlichen, didaktischen und institutionellen Nachhaltigkeit ein.

Blättern Sie durch den Forschungsplan und sehen selbst, was sich unsere Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen für die kommenden Jahre vorgenommen haben! Ich bin sicher, sie werden auch in Zukunft den guten Ruf der Hamburger Klimaforschung, den sie nicht zuletzt durch die Federführung in großen nationalen und internationalen Forschungsprogrammen erworben hat, in die Welt tragen und diese Position weiter ausbauen!

gez.
Univ.-Prof. Dr. Dieter Lenzen



INHALT

UNSERE VISION	06
FORSCHUNGSSTRATEGIE	10
FORSCHUNGSBEREICHE	12
I. ERDSYSTEMDYNAMIK	14
Ursachen und Auswirkungen von Klimaänderungen auf das Erdsystem	14
Energieflüsse als Kommunikator von Erdsystemveränderungen	16
Auswirkung von Meeresspiegeländerungen auf Küstenregionen	18
Stoffflüsse an Grenzflächen im Erdsystem	20
II. NACHHALTIGKEITSSTRATEGIEN UND SOZIALE DYNAMIKEN	22
Marine Ökosystem-Dienstleistungen und ihr Management	22
Urbane Systeme im globalen Wandel	24
Energielandschaften	26
Klimawandel und Gesellschaft: Prozesse und Nachhaltigkeitsszenarien	28
POTENZIALBEREICH	32
VERNETZUNG	36
NACHWUCHSFÖRDERUNG	38
NATIONALE UND INTERNATIONALE SERVICES	40
KOMMUNIKATION: INFORMIEREN, VERNETZEN, BEGEISTERN	42
WISSENSCHAFTSMANAGEMENT	44
INFRASTRUKTUR	46
IMPRESSUM/ BILDNACHWEIS	51

UNSERE VISION

Menschen und ihre Aktivitäten verändern das Erdsystem substanziell. Um die Lebensgrundlagen für die Gesellschaft dennoch nachhaltig zu erhalten, müssen diese Änderungen durch vertiefte disziplinäre und interdisziplinäre Forschung begleitet werden. Gleichzeitig sind die Disziplinen innerhalb der Klima- und Erdsystemforschung aus wissenschaftlichen Gründen gefordert, sich stark aufeinander zu beziehen. Nur so lassen sich künftige Änderungen vorhersagen und das Gesamtsystem verstehen.

Das Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN) hat seine umfassende Expertise aus den Naturwissenschaften wie auch aus den Wirtschafts-, Sozial- und Geisteswissenschaften in einem übergreifenden Forschungszentrum zusammengeführt. Dabei repräsentiert es den Forschungsschwerpunkt „Klima, Erde, Umwelt“ der Universität Hamburg nach innen und außen.

Als interdisziplinäres universitäres Forschungszentrum nimmt das CEN die Herausforderungen der Erdsystemforschung für Wissenschaft und Gesellschaft aktiv auf. Gemeinsame Forschung und Ausbildung entlang disziplinübergreifender Leitfragen erzeugen Synergien und befördern ein stimulierendes Forschungsumfeld. So können wissenschaftliche Erkenntnisse auf internationalem Spitzenniveau geliefert werden. Gleichzeitig entstehen Strategien zur Lösung von globalen und lokalen Problemen der Zukunft. Das CEN ist einerseits ein Ort koordinierter Grundlagenforschung, andererseits eine Plattform für anwendungsorientierte, nachhaltigkeitsbezogene Projekte. Gesellschaftliche Transformationsprozesse, die durch Klimaänderungen bedingt sind, werden wissenschaftlich begleitet.

Die Verbindung unabhängiger akademischer Disziplinen zu einem schlagkräftigen interdisziplinären Forschungszentrum im Bereich der Klima- und Erdsystemforschung ist ein Alleinstellungsmerkmal der Universität Hamburg auf nationaler und internationaler Ebene.

Strukturell entstanden aus der langjährigen Tradition international anerkannter Klima- und Erdsystemforschung im Hamburger Raum, ist diese Verbindung eine echte Erfolgsgeschichte. Dies wurde im Jahre 2007 offiziell bestätigt durch den Zuspruch des ersten Exzellenzclusters der Universität Hamburg, „Integrated Climate System Analysis and Prediction“ (CliSAP), der gemeinsam mit den Partnern, dem Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M), dem Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG) und dem Deutschen

Klimarechenzentrum (DKRZ), betrieben wird. Das CEN wird diesen Profilschwerpunkt in Zukunft im Rahmen der Weiterentwicklung der Exzellenzinitiative weiter ausbauen.

DAS CEN

- möchte die Gesellschaft im fortschreitenden Klimawandel zukunftsfähig machen.
- begleitet notwendige Umbauprozesse wissenschaftlich.
- entwickelt Optionen für nachhaltige Lösungen.
- orientiert sich an übergreifenden Forschungsfragen.
- überwindet akademische Fächergrenzen.
- schafft neue Synergien und ein stimulierendes Umfeld.
- fördert neue Ideen mit Potenzial.
- bildet den wissenschaftlichen Nachwuchs forschungsnah aus.
- formiert sich zu einem schlagkräftigen Forschungszentrum von internationalem Rang.

Seine Mitglieder rekrutiert das CEN aus den verschiedensten Bereichen der Universität Hamburg, darunter Disziplinen der Geowissenschaften, der Biologie, der Ökonomie, der Sozialwissenschaften, ebenso wie Bereiche der Geisteswissenschaften. In den kommenden Jahren wird die Zusammenarbeit ausgebaut und weitere Expertise aus der Universität einbezogen.

Der hier vorliegende Forschungsplan fasst die Strategie für die kommenden zehn Jahre zusammen. Wir sehen für die Forschung am CEN ein enormes Entwicklungspotenzial. Mit der Umwandlung in ein universitätsweites Forschungszentrum ist der Weg frei für neue Kooperationen und den Ausbau weiterer interdisziplinärer Projekte. Entsprechend wird der Forschungsplan regelmäßig ergänzt und fortgeschrieben.



Exzellente Klimaforschung: Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des CEN bekommen ein neues Zuhause im „Haus der Erde“.

Klima- und Erdsystemforschung am CEN

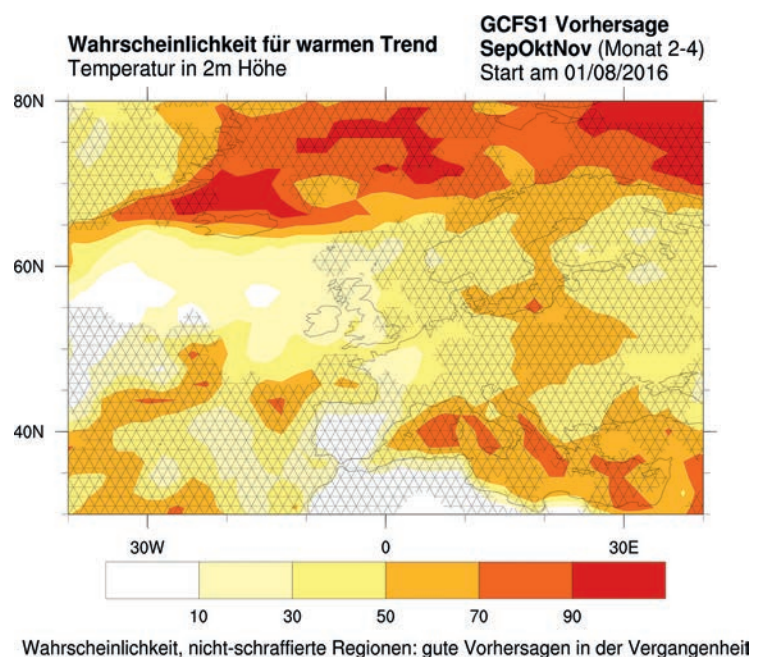
Der Begriff Klima bezeichnet landläufig die Gesamtheit aller meteorologischen Erscheinungen, die den Zustand und die Variabilität der Atmosphäre an einer beliebigen Stelle der Erdoberfläche kennzeichnen. Meteorologisch betrachtet ist Klima, verkürzt gesagt, die Statistik des Wetters.

Über Zeiträume von mehreren Jahren und länger wird dieser Zustand allerdings auch stark durch Prozesse geprägt, die nicht allein in der Atmosphäre ablaufen. Dazu gehören Wechselwirkungen mit der Zirkulation des Ozeans, Existenz und Bewegung von Gletschern und Eisschilden, Austausch von Treibhausgasen zwischen Atmosphäre, Ozean und Land sowie Änderungen der terrestrischen Vegetation. Klima wird entsprechend durch den Zustand und die Variabilität des gesamten Klimasystems beschrieben. Oft wird das Klimasystem dabei in Atmosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre, Lithosphäre und Biosphäre unterteilt. Andere Einteilungen wie in Atmosphäre, Ozean, Landoberfläche und Kryosphäre sind ebenfalls üblich.

Der Begriff Erdsystem wurde in den 1980er Jahren parallel zum Begriff Klimasystem entwickelt, um die Wechselwirkung zwischen dem physikalischen, unbelebten Teil des Klimasystems und der belebten Biosphäre einschließlich der globalen biogeochemischen Kreisläufe explizit zu erfassen. Der Einfluss der Menschen auf diese Kreisläufe kann dabei eine zentrale Rolle einnehmen.

CEN definiert das Erdsystem daher als naturräumliches dynamisches System, das durch soziale und wirtschaftliche Systeme beeinflusst wird und mit diesen zum Teil in Wechselwirkung steht. Dabei werden die Begriffe „Klima“ und „Klimasystem“ mit den physikalischen, biogeophysikalischen und chemischen Prozessen des Erdsystems verknüpft – einschließlich menschlicher Einflüsse.

Schnittstelle Wetter und Klima – die Jahreszeitenvorhersagen: Wird der nächste Winter besonders kalt, der Sommer wärmer als sonst? Am CEN werden gemeinsam mit dem MPI-M und dem DWD entsprechende Drei-Monats-Vorhersagen entwickelt. Beispiel Abbildung: Wird die Temperatur von September bis November 2016 wärmer sein als der Durchschnitt aller dieser Monate von 1981 bis 2014? Die Grafik zeigt die Wahrscheinlichkeit dafür in Prozent.





Der Begriff Nachhaltigkeit wurde zuerst im forstwirtschaftlichen Kontext eingeführt – als Leitbild für verantwortungsvollen Umgang mit Gemeingütern.

Der Begriff der Nachhaltigkeit

Hans Carl von Carlowitz führte den Begriff 1713 im forstwirtschaftlichen Kontext ein. Der Brundtland-Bericht von 1987 prägte später ein Leitbild von Nachhaltigkeit, das bis heute breite Unterstützung erfährt und die Grundlage für den Nachhaltigkeitsbegriff im CEN bildet.

Entsprechend verstehen wir Nachhaltigkeit als „konzeptionelle Leitlinie für das Bestreben, die Gesellschaften der Gegenwart so zu gestalten, dass deren berechtigten Interessen entsprochen und zugleich ihr künftiger Entfaltungsspielraum gesichert und gestärkt werden kann. (...) In diesem Zusammenhang geht es um ihren eigenen Beitrag zu einer zukunftsfähigen Gestaltung der Gesellschaft und zum verantwortungsvollen Umgang mit Ge-

meingütern“ (Kompetenzzentrum Nachhaltige Universität, KNU, 2016).

In der Praxis lösen solche Ansprüche meist Zielkonflikte aus. Eine akademische Analyse muss deshalb die mögliche Entwicklung aller für das Problem relevanten Systemvariablen umfassen. Daraus resultierende Szenarien werden unter Rücksichtnahme auf diverse Aspekte verglichen und bewertet.

Aus Sicht des CEN stärkt ein Szenario die Nachhaltigkeit, wenn es – im Vergleich zum erwarteten Standardszenario – ein gesellschaftlich definiertes Gut in der Zukunft aufwertet.

FORSCHUNGSSTRATEGIE

Der fortschreitende Wandel von Klima und Umwelt in Wechselwirkung mit der Gesellschaft erfordert neue wissenschaftliche Ansätze. Sie sollen helfen, traditionelle Abgrenzungen zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaften nachhaltig zu überwinden, um den Herausforderungen einer interdisziplinären Klima- und Erdsystemforschung zu begegnen.

Die Forschungsstrategie des CEN hat sich dem Systemansatz verschrieben einzelne Teile nicht isoliert, sondern das Erdsystem als Ganzes auf allen Skalen zu betrachten. Dies schließt ausdrücklich die gesellschaftliche Komponente ein – sind im Anthropozän doch die Menschen die wesentlichen Treiber für Veränderungen.

Stichhaltige Prognosen des Klimas und seiner Wechselwirkungen erfordern ein umfassendes und grundlegendes Verständnis von Prozessen und Wechselwirkungen im Erdsys-

tem, einschließlich des menschlichen Handelns. Der globale Umweltwandel ist dabei ein Mosaik aus interagierenden regionalen und lokalen Phänomenen. Folglich sind Analysen und Anpassungsstrategien lokal und regional zu entwickeln. Gleichzeitig sollten deren Folgen für Umwelt, Natur und Gesellschaft mit ihren oft divergierenden Interessen und Ansprüchen abgeschätzt und kommuniziert werden. Dasselbe gilt für den Aufwand von Vermeidungsstrategien und die Chance, globale Risiken im Verbund mit anderen Akteuren zu mildern.



Der globale Umweltwandel ist ein Mosaik aus regionalen und lokalen Phänomenen. Auch Anpassungsstrategien müssen daher individuell entwickelt, geprüft und mit den unterschiedlichen gesellschaftlichen Interessen abgestimmt werden.



Die Forschung des CEN betrachtet das Erdsystem als Ganzes und auf allen Skalen – die gesellschaftliche Komponente ausdrücklich eingeschlossen.

Am CEN werden dafür durch Analyse von Klimabeobachtungen und mithilfe von numerischen Modellen die Interaktionen der natürlichen Klimavariabilität untersucht. Der Einfluss des Menschen wird in Umweltanalysen und Umweltprognosen von der globalen über die regionale bis hin zur lokalen Skala abgebildet. Anthropogene Eingriffe werden ebenso wie Georisiken direkt gesellschaftlich erfahrbar und wirksam. Die Ergebnisse ermöglichen der Gesellschaft, dem zukünftigen Klima- und Erdsystemwandel informiert zu begegnen, bevorstehende Transformationsprozesse auszuhandeln und nachhaltig zu gestalten.

Neben der klassischen Grundlagenforschung zur Klima- und Erdsystemdynamik ist am CEN auch sozialwissenschaftliche und geisteswissenschaftliche Grundlagenforschung ein wichtiger Ansatz, um diese komplexen Interaktionen zu verstehen und zu modellieren. Dies schließt Fallstudien für ökonomische Analysen, Untersuchungen zu effektivem politischem und gesellschaftlichem Handeln sowie zur Kommunikation und Bereitstellung von Klima- und Umweltwissen ein. Dabei werden Ursachen und Folgen des Wandels in Abhängigkeit von gesellschaftlichen Entscheidungen untersucht, und Vermeidungs- und Anpassungsstrategien

gleichermaßen entwickelt. Die Wirksamkeit solcher Strategien wird im Vorfeld simuliert und im Verlauf überprüft, um ihre Auswirkungen auf das Gesamtsystem zu quantifizieren und zu kommunizieren. Ein langfristiges Ziel am CEN ist es dabei, naturräumliche Prozessketten für lebenswichtige Ressourcen wie Wasser, Nahrung und Energie, Umwelt und Lebensräume zu entwickeln, die nachhaltig zu deren Erhalt beitragen können.

FORSCHUNGSBEREICHE

Der aktuelle Forschungsplan stellt Aufgaben und Ziele der Forschungsarbeit für die nächsten zehn Jahre dar. Das CEN als universitäres Forschungszentrum ist offen für neue Ideen und fördert diese mit Nachdruck. Auf Grund des starken Entwicklungspotenzials wird der Forschungsplan in Zukunft daher in regelmäßigen Abständen angepasst. Alle Forschungsziele müssen sich dabei an wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Herausforderungen orientieren.

Aktuell gliedert sich das CEN in zwei Forschungsbereiche, die insgesamt acht Forschungsschwerpunkte unterschiedlicher Integrationsbreite beinhalten. Die Bearbeitung im interdisziplinären Verbund ist dabei dynamisch angelegt und kann auch Aspekte anderer Schwerpunkte mit berücksichtigen. Die Forschungsschwerpunkte werden regelmäßig evaluiert. So wird die wissenschaftliche Exzellenz sichergestellt und es wird möglich, weitere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität einzubinden.

I. ERDSYSTEMDYNAMIK

- Ursachen und Auswirkungen von Klimaänderungen auf das Erdsystem
- Energieflüsse als Kommunikator von Erdsystemveränderungen
- Auswirkungen von Meeresspiegeländerungen auf Küstenregionen
- Stoffflüsse an Grenzflächen im Erdsystem

II. NACHHALTIGKEITSSTRATEGIEN UND SOZIALE DYNAMIKEN

- Marine Ökosystem-Dienstleistungen und ihr Management
- Urbane Regionen im globalen Wandel
- Energielandschaften
- Klimawandel und Gesellschaft – Prozesse und Nachhaltigkeitsszenarien

Zu neuen Fragestellungen bilden sich neue Wissenskoalitionen, aus denen zukünftige Forschungsschwerpunkte abgeleitet werden können. Solche Initiativen bilden den **POTENZIALBEREICH** mit zurzeit folgenden Themen:

- Ressource Boden im Umwelt- und Klimasystem
- Nachhaltige Ernährungssysteme
- Klima- und Georisiken



Die Forschung des CEN liefert wichtige Beiträge zu den „Grand Challenges“ der Klima- und Erdsystemforschung.

Alle genannten Themen sind auf nationaler und internationaler Ebene von herausragender Bedeutung und liefern wichtige Beiträge zu den „Grand Challenges“ in der Klima- und Erdsystemforschung, wie sie vom Welt-Klima-Forschungsprogramm (WCRP), dem „Council of Scientific Unions“, dem Dachprogramm der Erdsystemforschung (Future Earth) sowie dem Deutschen Klima-Konsortium (DKK) definiert wurden.

Gleichzeitig helfen Erkenntnisse des CEN, die Entwicklung von Lösungsszenarien für den Klimawandel oder eine nachhaltige Gestaltung von Ressourcensicherheit voran zu bringen. So liefert das Thema „Ursachen und Auswirkungen von Klimaänderungen auf das Erdsystem“ zum Beispiel Extremwertstatistiken, eine wesentliche Voraussetzung für Anpassungsmaßnahmen sowie Daten für Climate-Engineering-Projekte, um deren potenzielle Wirkung nachzuweisen. Das Thema „Energieflüsse als Kommunikator von Erdsystemveränderungen“ erforscht wichtige Randbedingungen zum vorangegangenen Thema. Gleichzeitig untersucht es die effektive Wärmekapazität der Ozeane. Diese bestimmt indirekt unser Wissen über die Sensitivität des Klimasystems gegenüber dem Treibhausgas-Strahlungsantrieb. „Marine Ökosysteme“ schlägt explizit die Brücke zwischen Habitatforschung und Managementoptionen unter verschiedenen ökonomischen Nutzungen. „Energiewälder“ fragt nach

der optimalen Verteilung von Energieoptionen in der Fläche und im geologischen Untergrund und den resultierenden Folgen für die Umwelt. Die nachfolgenden Kapitel beschreiben die Visionen der einzelnen Forschungsschwerpunkte für die kommenden Jahre. Dabei zeigen die Autorinnen und Autoren zunächst die Relevanz des Themas auf, bevor sie auf die zukünftigen Arbeiten am CEN eingehen.

I. ERDSYSTEMDYNAMIK

Dieser Forschungsbereich schafft und erweitert die naturwissenschaftlichen Grundlagen zur Erforschung des Erdsystemwandels und seiner Auswirkungen. In den vier Forschungsschwerpunkten wird die natürliche Variabilität in den verschiedenen Komponenten des Erdsystems quantifiziert und versucht, sie von den menschengemachten Einflüssen – die auch in Beobachtungsdaten enthalten sind – zu separieren. Dabei werden Wechselwirkungen zwischen den Klimakomponenten untersucht, die grundsätzlich auf den Austausch von Impuls, Energie, Wasser und anderen Stoffen, wie Treibhausgasen oder Pflanzennährstoffen, zurückgeführt werden können. Die Arbeiten reichen von der globalen bis hin zur regionalen und lokalen Skala.

Ursachen und Auswirkungen von Klimaänderungen auf das Erdsystem

Autoren

Martin Claußen, Detlef Stammer

Kernfrage

Wie weit hat sich das Klima unter dem Einfluss des Menschen bereits verändert? Welche regionalen Auswirkungen auf Mensch und Natur lassen sich prognostizieren und welche Unsicherheiten verbleiben?

Hintergrund und Relevanz

Als natürliche Klimavariationen bezeichnet man Änderungen von Zustandsvariablen des Klimas auf Zeitskalen von Jahren und länger, die durch Änderungen natürlicher Klimantriebe entstehen. Dies sind zum Beispiel Schwankungen in der Aktivität der Sonne oder dynamische Wechselwirkungen zwischen den Klimasystemkomponenten (z.B. Ozean oder Atmosphäre).

Natürliche Klimavariationen treten im Wechselspiel mit von Menschen verursachten Klimaänderungen auf; beide spielen auf globaler und regionaler Skala eine wichtige Rolle im Erdsystem. Sowohl die globale Zunahme anthropogener Treibhausgas-Emissionen als auch die lokale Landnutzung sowie natürliche Schwankungen der Ozeantemperaturen spiegeln sich zum Beispiel konkret in regionalen Änderungen des Niederschlags über der Sahelzone in Afrika wieder. Auch die Aufnahme von Kohlenstoff in Vegetation und Böden ist

von Klimavariationen beeinflusst. Dies hat wiederum Auswirkungen auf die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre. Im Ozean sind Klimavariationen mit Transportschwankungen von Nährstoffen oder anderen wichtigen Elementen des Erdsystems verknüpft, wie beispielsweise Stickstoff. Sie haben somit einen Einfluss auf das marine Ökosystem, ebenso wie auf den regionalen Meeresspiegel und auf Küstenregionen.

Forschungsziele und Herangehensweise

Ziel der Arbeiten am CEN ist, die Entwicklung des Klimas und seiner Extremereignisse auf der regionalen Skala über die nächsten Dekaden vorherzusagen. Dadurch wird das Prozessverständnis für die Dynamik des Erdsystems vertieft. Indem vorhersagbare Elemente des Klimasystems identifiziert werden, kann ein Vorhersagepotenzial für wichtige gesellschaftliche Aspekte wie beispielsweise Trockenperioden, aber auch Verfügbarkeit von Nahrung und marinen Ressourcen identifiziert werden.

Bei Klimaprognosen geht es um die Abschätzung der aktuellen Entwicklung des Klimas, also des statistischen Zustandes der Atmosphäre, des Ozeans, der Kryosphäre und der terrestrischen und marinen Biosphäre für die nächsten Jahre und Jahrzehnte. Hier knüpft das CEN an Arbeiten mit seinen außeruniversitären Partnern an, die im Exzellenzcluster CliSAP begonnen wurden und zum Teil in nationale und europäische Verbundprojekte eingebettet sind.

Dynamik und Vorhersagbarkeit des Klimasystems werden dabei am CEN mithilfe von komplexen globalen Klimarechenmodellen erforscht. Dazu werden in Kooperation mit



Komponenten des Klimasystems

den Partnerinstituten vorhandene Modelle genutzt und weiterentwickelt. Große Bedeutung hat in diesem Zusammenhang die Untersuchung von Extremereignissen und deren Folgen für Klima und Gesellschaft, denn in einem sich wandelnden Klima wird sich voraussichtlich die Statistik von Starkwind- und Extremereignissen wie Hitzewellen und Dürren ändern.

Zusätzlich wird am CEN die Datenassimilation in gekoppelten Klimamodellen vorangetrieben. So kann der Einfluss externer Antriebsfaktoren auf die Klimafluktuationsen bestimmt werden. Dies hilft wiederum, die deterministischen Zeitskalen der langsamen vorhersagbaren Klimasystemkomponenten abzuschätzen – eine wichtige Voraussetzung für Klimaprognosen. Die dafür benötigten initialisierten Klimamodelle des CEN werden auf den Höchstleistungsrechnern des Partnerzentrums DKRZ gerechnet.

Ebenfalls werden am CEN Klimaprozesse in verschiedenen Schlüsselregionen der Erde untersucht. Diese sind in unterschiedlicher Weise von besonderer Bedeutung, zum Beispiel durch ihre Rückwirkungen auf das großskalige Klima. So ist die Wechselwirkung zwischen der Variabilität des arktischen Meereises und den Änderungen im Permafrost noch unbekannt, ebenso wie die Auswirkung der arktischen Klimaänderung auf die nördliche Hemisphäre. Gleiches gilt für die Degradation des Permafrosts und die resultierenden Emissionen von Kohlendioxid und Methan. Diese Emissionen werden von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des CEN vor Ort gemessen, um Klimamodelle zu bewerten und deren Prozessbeschreibung zu verbessern. Des Weiteren be-

obachten wir die Entwicklung des Klimas in Nordafrika, das auch für die Konfliktforschung von großem Interesse ist.

Neben der Modellierung trägt die Analyse von Beobachtungsdaten einen wichtigen Teil zum Verständnis des Klimasystems bei. Hierzu gehören Messungen im Ozean ebenso wie Fernerkundungsdaten, direkte Messungen der Methanemissionen in der Tundra oder indirekte Messungen von feinräumigen Niederschlagsmustern mithilfe von radar-gestützten Verfahren. Alle diese Arbeiten werden von Forschenden am CEN durchgeführt. Anhand solcher Daten werden Klimamodelle bewertet, umgekehrt werden die Daten wiederum mithilfe der Modelle interpretiert. Auch bei diesem Prozess spielt die Assimilation von Daten eine wichtige Rolle.

All diese Themen entsprechen den Zielen der internationalen Klimaforschung, wie sie vom WCRP unter Beteiligung von Hamburger Klimawissenschaftlerinnen und Klimawissenschaftlern definiert wurden. Inhaltlich arbeiten wir mit unseren Partnern im Rahmen der Bundesexzellenzinitiative sowie in verschiedenen gemeinsamen Verbundprojekten zusammen. Dabei erlaubt das Hamburger Forschungsumfeld, die Themen in ihrer ganzen regionalen Komplexität anzugehen. Dazu gehört die volle Erdsystemmodellierung gepaart mit eher theoretischen Studien und Assimilationsansätzen.

Energieflüsse als Kommunikator von Erdsystemveränderungen

Autoren

Valerio Lucarini, Carsten Eden

Kernfrage

Wie kann die Kaskade von Energieflüssen im Erdsystem von der globalen bis zur mikroskopischen Skala besser in Erdsystemmodellen abgebildet werden?

Hintergrund und Relevanz

Dem Ozean und der Atmosphäre sind viele dynamische Prozesse gemeinsam, die große Zeit- und Raumskalen überbrücken. Variationen auf globaler Skala

treten in Zeiträumen von Monaten bis Dekaden und länger auf, während sich die molekulare Dissipation auf einer Zeitskala von nur wenigen Sekunden und einer Raumskala von Millimetern bis Zentimetern abspielt. Es ist unerlässlich, die Wechselwirkungen dieser Prozesse auf den unterschiedlichen Skalen zu erforschen, um das Erdsystem zu verstehen, mit Modellen simulieren und vorhersagen zu können.

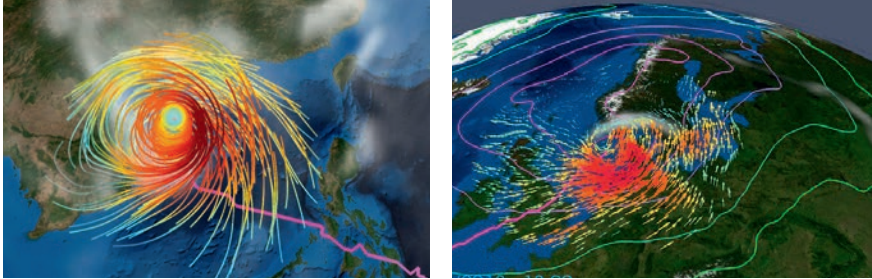
Die grundlegenden strömungsmechanischen Prinzipien dieser Prozesse in Atmosphäre und Ozean sind seit mehr als einhundert Jahren bekannt. Doch besonders hinsichtlich der Wechselwirkung der Prozesse auf verschiedenen Skalen und ihrer konsistenten Abbildung in den Simulationen und Vorhersagen von Erdsystemmodellen bleiben

wichtige Fragen offen. Die sehr unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen der zugrunde liegenden dynamischen Prozesse erschweren eine Antwort. So stehen wir vor großen Herausforderungen, um den durch Menschen verursachten Klimawandel quantitativ vorherzusagen, natürliche Wetter- von Klimaereignissen zu unterscheiden und die Unsicherheiten in Wetter- und Klimaprognosen zu bestimmen.

Supercomputer werden leistungsstärker und können immer komplexere Computermodelle zur Simulation des Klimas, der Atmosphäre oder des Ozeans realisieren. Doch auch in naher Zukunft wird es nicht möglich sein, kleinere räumliche Skalen vollständig aufzulösen. Ihr Einfluss wird durch Parametrisierungen ermittelt. Solche Pa-

Ozean und Atmosphäre: Bei den Wechselwirkungen der Prozesse auf verschiedenen Skalen und ihrer Abbildung in Simulationen und Vorhersagen von Erdsystemmodellen sind noch viele Fragen offen.





Simulation der Zyklone „Haiyan“ und „Christian“. Links: Taifun „Haiyan“ erreicht die südchinesische Provinz. Rechts: Orkan „Christian“ fegt mit Spitzengeschwindigkeiten über Norddeutschland hinweg.

parametrisierungen sind teilweise unzureichend und müssen verbessert werden, damit Wetter- und Klimaprognosen eine höhere Gültigkeit erhalten. Bestehende Parametrisierungen führen zum Beispiel zu inkonsistenten Energieflüssen in den Modellen. Dies trägt wiederum zu Inkonsistenzen in der Strahlungsbilanz des Erdsystems bei, die entscheidend für die globale Klimaerwärmung ist.

Forschungsziele und Herangehensweise

Ziel dieses Forschungsschwerpunkts ist es, unser Verständnis der Wechselwirkung von Prozessen in geophysikalischen Strömungen auf verschiedenen Raum- und Zeitskalen zu verbessern. Hierzu fokussieren wir auf das Verständnis der Energieflüsse im System. Ein klares und kohärentes Bild der für Energietransport und Energieumwandlung verantwortlichen Prozesse führt zu einer verbesserten Kenntnis der Dynamik von Atmosphäre und Ozean und des Erdsystems insgesamt. Dies schließt beispielsweise die Wechselwirkung mit Ökosystemen und biogeochemischen Kreisläufen mit ein.

Ein besseres Verständnis der Interaktion zwischen verschiedenen Skalen kann das Problem lösen. Am CEN werden neue numerische Verfahren entwickelt, die Skaleninteraktionen genauer und effizienter repräsentieren. Auch der Vergleich von Modellsimulationen mit Beobachtungsdaten verbessert das Verständnis. Zusätzlich werden theoretische

Ansätze entwickelt, um Modelle und deren Vorhersagen zu verbessern.

Die beschriebenen Probleme sind essenziell. Um sie zu lösen, hat das CEN einen neuen Weg eingeschlagen: Forschende der Strömungsmechanik und Theorie arbeiten eng mit angewandten Mathematikerinnen und Mathematikern zusammen, um sich wissenschaftlich zu inspirieren und voneinander zu lernen. Die entsprechenden Forschungsarbeiten erfordern ein starkes Bündnis von Theorie, Modellierung und Beobachtung der Atmosphäre und des Ozeans, aber auch anderer Komponenten des Erdsystems. Hier wirkt das CEN als einzigartiger Katalysator.

Die Ergebnisse werden insbesondere

- das Verständnis der dynamischen Prozesse im Erdsystem und deren Wechselwirkung verbessern.
- zur Entwicklung verbesserter Parametrisierungen nicht aufgelöster Prozesse in Modellsimulationen und damit zu verbesserten Modellvorhersagen des Erdsystems insgesamt beitragen.
- eine konsistente mathematische Beschreibung der Komponenten des Erdsystems erlauben.

Seit Juli 2016 koordiniert das CEN einen DFG Sonderforschungsbereich/Transregio zum Thema „Energy transfers in Atmosphere and Ocean“. Der Antrag wurde in Kooperation mit der Universität Bremen erfolgreich eingeworben.

Ein wesentliches Ergebnis dieses Projekts soll die Entwicklung eines energetisch konsistenten Erdsystemmodells mit verbesserter Güte in der Klimavorhersage sein. Die Arbeiten finden im Rahmen einer internationalen Kooperation statt und beziehen sich auf Forschungsprojekte im Hans-Ertel-Zentrum des Deutschen Wetterdienstes, die am CEN in Kooperation mit dem Max-Planck-Institut für Meteorologie vorangebracht werden.

Auswirkung von Meeresspiegeländerungen auf Küstenregionen

Autor

Detlef Stammer

Kernfrage

Was sind Ursachen und Effekte klimabedingter Meeresspiegeländerungen in bewohnten Küstenregionen und wie kann ihre Prognose verbessert werden?

Hintergrund und Relevanz

Jede Änderung im Klimasystem ist entweder eine Änderung der Wärmespeicherung oder des hydrologischen Zyklus. Beides beeinflusst Wärme- und Wassergehalt im Ozean und verändert so den Meeresspiegel auf globaler wie regionaler Skala. Prognosen von Meeresspiegeländerungen entlang von Kü-

stenlinien und deren Unsicherheiten sind wichtige Größen, einerseits um die Folgen für die Gesellschaft abschätzen zu können, andererseits um Anpassungsstrategien zu entwickeln und die damit verbundenen Gefahrenpotenziale zu beurteilen. Lokale und regionale Meeresspiegeländerungen entlang von Küsten werden dabei durch Änderungen der Ozeanzirkulation und der Wechselwirkungen mit der Atmosphäre oder der Kryosphäre ausgelöst wie auch durch Hebungen und Senkungen des Meeresbodens.

Forschungsziele und Herangehensweise

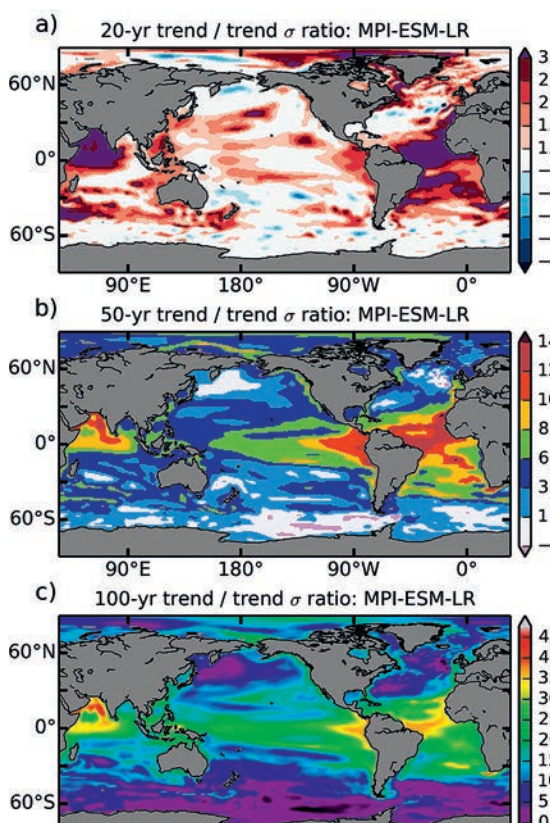
Essenzieller Teil unserer Forschung ist es, ein detailliertes Verständnis von Schwankungen der Ozeanzirkulation zu erlangen und den damit zusammenhängenden Änderungen des Meeresspiegels auf regionaler bis lokaler Skala sowie deren Auswirkungen auf die Gesellschaft. Eines der zen-

tralen Ziele am CEN ist es, für ausgewählte Küstenbereiche integrierte Analysen von klimabedingten Meeresspiegeländerungen und deren Prognosen durchzuführen, um damit verknüpfte Wechselwirkungen in gesellschaftlich stark genutzten Regionen zu verstehen. So lassen sich natürliche von anthropogenen Änderungen, momentan stattfindende von zukünftigen Änderungen trennen. Diese Informationen sind für langfristige Vorhersagen zum Meeresspiegelanstieg entlang von Küsten essenziell.

Am CEN spielen dabei Modellrechnungen eine ebenso wichtige Rolle wie Beobachtungsdaten. Besonders die Analyse vergangener Meeresspiegeländerungen aus Beobachtungen und Rekonstruktionen gewinnt hierbei an Bedeutung. Mithilfe von Modellrechnungen können wir einzelne Antriebsfunktionen wie Wind, Wärme- und Frischwasserflüsse in Beobachtungsdaten isolieren und dadurch Ursachen und Trends der Meeresspiegeländerungen besser verstehen.

Um Meeresspiegeländerungen im Küstenbereich vorherzusagen, müssen räumlich hochaufgelöste Simulationen und Prognosen verbessert werden. Dazu gehören auch die zugrunde liegenden Zirkulationsänderungen und Wechselwirkungen von Küstenregionen mit der großskaligen Ozeanzirkulation. Am CEN werden Ozean-Eis-Wechselwirkungen, zum Beispiel für Grönlandgletscher, ebenso wie lokale Prozesse in Küstenbereichen wie der Deutschen Bucht mit einbezogen.

Im Hamburger Raum arbeiten wir mit unseren Partnern besonders in der großskaligen naturwissenschaftlichen Erdsystemmodellierung und in der interdisziplinären Küstenforschung im Nord- und Ostseeraum unter Beteiligung von Sozialwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern zusammen. Beispielhaft werden an ausgewählten, möglichst unterschiedlichen Regionen



Was sind die Ursachen für künftige Änderungen des Meeresspiegels? Die Simulationen zeigen:

(a) Bei einer mittleren Entwicklung der Emissionen, dem Szenario RCP4.5, sind bis zum Jahr 2025 hauptsächlich natürliche Schwankungen verantwortlich.

(b) Doch dieser Anteil nimmt bis 2055 stark ab.

(c) Im Jahr 2100 dominiert in beinahe allen Regionen der Einfluss des Klimawandels.



Erosionsschutz: Koralleninsel Anegada in der Karibik

die Meeresspiegeländerungen in Zusammenhang mit gesellschaftlichen Aspekten untersucht. Dazu gehören auch zukünftige Seegang- und Extremereignisse. Forschende der Natur- und Sozialwissenschaften am CEN analysieren gemeinsam, wie Gesellschaften in der Vergangenheit auf Meeresspiegeländerungen reagiert haben und welche ökonomischen Folgen zukünftige Änderungen haben könnten.

Gleichzeitig untersuchen sie bestehende regionale und lokale Anpassungs- und Risikomanagementstrategien verschiedener Regionen. So lassen sich Auswirkungen und Stressfaktoren ebenso wie die lokal bestmögliche Anpassungsstrategie identifizieren. Seit Juli 2016 koordiniert das CEN das Schwerpunktprogramm „Regional Sea Level Changes and Society“ (SPP 1889) und ist damit in nationalem Rahmen

federführend in der Meeresspiegel-forschung. Alle Forschungsvorhaben werden in enger Abstimmung mit der „Grand Challenge“ des WCRP zu Meeresspiegeländerungen durchgeführt, welche federführend aus dem CEN heraus geleitet wird.

Stoffflüsse an Grenzflächen im Erdsystem

Autoren

Lars Kutzbach, Jens Hartmann

Kernfrage

Welche Konsequenzen haben Veränderungen im Stoffaustausch zwischen den Erdsystemkomponenten für das Gesamtsystem und für regionale Subsysteme?

Hintergrund und Relevanz

Stoffkreisläufe beeinflussen maßgeblich die biologische Produktivität und können so mit dem Klimasystem wechselwirken, zum Beispiel durch ihren Einfluss auf den globalen Kohlenstoffkreislauf. Globale Stoffkreisläufe werden wesentlich durch Stoffflüsse zwischen den Erdsystemkomponenten Atmosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre, Lithosphäre, Pedosphäre, Biosphäre und Anthroposphäre gesteuert. Eine genaue Kenntnis dieser Prozesse ist wichtig, um Erdsystemveränderungen zu verstehen und prognostizieren zu können.

Schlüsselstoffe der globalen biogeochemischen Stoffkreisläufe sind unter anderem Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel und Silizium. Deren Transporte an Grenzflächen zwischen Erdsystemkomponenten sind räumlich variabel und laufen auf Zeitskalen von Stunden bis hin zu Millionen von Jahren ab. Diese Veränderungen können die Biodiversität in Ökosystemen stark beeinflussen und erhebliche Auswirkungen auf wichtige Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen haben.

Gut fürs Klima:
Die chemische
Verwitterung von
Gestein bindet
Kohlendioxid aus
der Atmosphäre.





Feldkampagne in Nordindien

Ebenfalls bestimmen wir die atmosphärischen Transportwege von natürlich oder anthropogen freigesetzten Stoffen (zum Beispiel durch Vulkane oder Kraftwerke) und quantifizieren ihre Effekte auf terrestrische und marine Ökosysteme. Hierzu werden Daten aus Feldbeobachtungen, Fernerkundung und Modellierung genutzt und kombiniert. Mit geologischen Methoden wird am CEN die Stoffflussdynamik von Ablagerungsräumen von Sedimenten im Hinblick auf klimatische, ozeanographische und ökologische Veränderungen, wie zum Beispiel Extremereignisse, analysiert. Im Detail werden hierfür insbesondere Kohlenstoff-, Stickstoff-, Phosphor- und Siliziumkreisläufe untersucht sowie Stoffumsetzungsdynamiken in terrestrischen und aquatischen Ökosystemen mithilfe von Beobachtungsdaten sowie Modellsimulationen rekonstruiert.

Die interdisziplinären Ansätze am CEN, die eine Grundvoraussetzung für die Bearbeitung dieser Themen darstellt, werden auch in Zukunft die gemeinsame Forschung fördern. Dies wird besonders die Forschung in gefährdeten Regionen mit modernen Ansätzen voranbringen.

Eine besondere Herausforderung ist es, den Anteil der anthropogenen Eingriffe an den Veränderungen der Stoffflüsse und -kreisläufe zu bestimmen.

Forschungsziele und Herangehensweise

Forschende am CEN untersuchen, welche Konsequenzen anthropogene und natürliche Veränderungen im Stoffaustausch zwischen den Erdsystemkomponenten für das Gesamtsystem und für regionale Subsysteme haben. Übergreifende Forschungsfragen sind dabei:

- 1) Welche physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse steuern die Stoffflüsse zwischen den Komponenten des Erdsystems auf welchen Raum- und Zeitskalen?
- 2) Wie interagieren die Kreisläufe der verschiedenen Stoffe im Erdsystem untereinander und mit dem Klimasystem?
- 3) Wie groß ist der Anteil von anthropogenen Eingriffen an Veränderungen der biogeochemischen Kreisläufe und der beteiligten Ökosysteme auf regionalen Raumskalen?

Um die biogeochemischen Stoffkreisläufe und ihre zeitlichen Änderungen zu quantifizieren, müssen die Rückkopplungsprozesse innerhalb der einzelnen Komponenten des Erdsystems sowie zwischen den Komponenten ermittelt werden. Es ist notwendig, die Wechselwirkungen zwischen den Kreisläufen verschiedener Stoffe zu verstehen, um Richtung und Rate der Prozessveränderungen in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft besser zu bestimmen.

Hierzu führen wir wegweisende Arbeiten zu Stoffflüssen an den Übergängen fast aller Erdsystemkomponenten durch. Der Austausch von Wasser und Treibhausgasen zwischen den Böden der Landökosysteme und der Atmosphäre, der Stofftransport von den Landökosystemen über die Flüsse in den Ozean, die Umsetzung und der Transport von Stoffen im Ozean und deren Austausch mit der Atmosphäre sowie die Prozesse, die den Stoffaustausch zwischen Lithosphäre und Hydrosphäre am Meeresboden steuern, sind nur einige Beispiele.

II. NACHHALTIGKEITSSTRATEGIEN UND SOZIALE DYNAMIKEN

Die Wechselwirkungen zwischen Mensch und Natur bestimmen auf mehreren Ebenen die Veränderungen im Erdsystem und wie der Umgang damit gestaltet wird. Soziale Prozesse, Strukturen und Dynamiken treiben diese Veränderungen an. Sie entscheiden, wer an welchem Ort und auf welche Weise von ihnen beeinflusst wird. Soziale Dynamiken organisieren ferner einen wertenden gesellschaftlichen Diskurs über alternative Optionen und legen fest, welche Handlungsoptionen ergriffen werden.

Dieser Forschungsbereich verfolgt einen doppelten Ansatz. Analog zu den Naturwissenschaften beschreibt er zunächst die zugrunde liegenden Prozesse. Mithilfe von Szenarien werden der Gesellschaft darüber hinaus systemisch konsistente und langfristig angelegte „nachhaltige“ Gestaltungsoptionen aufgezeigt. Beide Ansätze stehen dabei im Dialog: So fließen einerseits aktuelle Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung in die Szenarienbildung ein, andererseits wird zurückgespiegelt, in Bezug auf welche Prozesse ein gesellschaftlicher Analysebedarf besteht. Am CEN wird damit eine

Synergie zwischen Grundlagenforschung und transdisziplinären Anforderungen der Gesellschaft geschaffen und institutionalisiert.

Die vier Schwerpunkte dieses Forschungsbereichs kombinieren naturwissenschaftliche mit sozial- und geisteswissenschaftlichen Ansätzen. Sie behandeln konkrete Themen, die durch den globalen Klima- und Umweltwandel ebenso wie durch menschliches Handeln entstehen.



Welche Folgen hat die Offshore-Windkraft für das Ökosystem Meer?

Marine Ökosystem-Dienstleistungen und ihr Management

Autoren

Kay Emeis, Christian Möllmann

Kernfrage

Wie können die Küsten- und Schelfmeere nachhaltig genutzt und dabei in ihrer Vielfalt erhalten werden?

Hintergrund und Relevanz

Globaler Wandel verändert die marinen Ökosysteme in dramatischer Weise und wird dies in Zukunft noch stärker tun. Dazu gehört insbesondere der Klimawandel, aber auch die verstärkte anthropogene Nutzung des Küstenraums und der Schelfmeere durch eine wachsende Bevölkerung. Politik und Gesellschaft stehen deshalb vor zwei Herausforderungen:



Sie müssen einen nachhaltigen Ausgleich zwischen dem Schutz der Ökosysteme und ihrer Nutzung schaffen und die Zielkonflikte verschiedener Nutzungsformen wie Fischerei, Energieproduktion, Rohstoffgewinnung, Verkehr, Schutz vor Naturgefahren und Naturschutz auflösen.

Forschungsziele und Herangehensweise

Unser Ziel ist es, die wissenschaftliche Basis für ein verbessertes, modernes Management der marinen Ökosysteme zu schaffen. Diese soll den Schutz der Umwelt, aber auch seine nachhaltige Nutzung sichern. Daraus ergeben sich drei Schwerpunkte:

1) Wie wirken multiple externe Einflüsse auf die Funktion mariner Ökosysteme?

Aktuelle und zukünftige Änderungen der marinen Lebensgemeinschaften, in den Nahrungsnetzen und in den Stoffkreisläufen durch den Klimawandel stehen in diesem Schwerpunkt im Vordergrund. Wir untersuchen den verstärkten Nährstoffeintrag durch Aktivitäten an Land, die Nutzung und Produktion lebender Ressourcen durch Fischerei und Aquakultur sowie die verstärkte Nutzung des Meeresbodens zur Energiegewinnung. Durch gezielte Feldexperimente, Reanalysen von großen Datensätzen sowie gekoppelte Ökosystemmodellierung werden mögliche additive, synergistische und nicht lineare Wirkungsweisen dieser Einflussgrößen untersucht.

2) Wie sind soziale und ökologische Prozesse gekoppelt?

Der globale Wandel beeinflusst die natürlichen Ökosysteme und die sie nutzenden sozialen Gemeinschaften nicht nur linear und getrennt voneinander. Rückkopplungsprozesse innerhalb und zwischen den Öko- und Sozialsystemen führen

oft zu unerwarteten und nicht linearen Dynamiken mit bedeutenden ökonomischen Folgen für die Gesellschaft. Besonders das Verständnis für und die Reaktion auf Veränderungen in natürlichen Ökosystemen müssen hier besser untersucht werden. Beispiele sind die Einflüsse von Natur und Gesellschaft auf Tide-Ästuare oder die Auswirkungen von Schutzgebieten und Offshore-Windparks auf Struktur und Leistung des Ökosystems Nordsee. Dafür werden wir natur- und sozialwissenschaftliche Forschungsmethoden sowohl quantitativer als auch qualitativer Art verstärkt koppeln, um sozial-ökologische Dynamiken besser zu verstehen.

3) Ein ökosystembasiertes Management mariner Ressourcen entwickeln

Das CEN unterstützt die nachhaltige Nutzung der marinen Ökosysteme. Hierfür wird vermehrt angewandt geforscht. Die Ergebnisse fließen in politische Richtlinien wie die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, nationale und internationale Richtlinien zur marinen Raumplanung oder die gemeinsame EU-Fischereipolitik ein. Mithilfe von integrierten Modellsystemen wird zum Beispiel die zeitliche und räumliche Dynamik von Ökosystemprozessen, von marinen Ressourcen und deren Nutzern untersucht. Dies bildet die Grundlage für die Entwicklung nachhaltiger Managementstrategien, die umweltbezogene, wirtschaftliche und soziale Ziele gleichberechtigt verfolgen.

Für diese Arbeiten ist Interdisziplinarität eine Grundvoraussetzung, um die Herausforderungen von marinen Ökosystemen im globalen Wandel zu bewältigen. Das CEN schafft durch die Kombination verschiedener Disziplinen und Forschungsansätze dafür optimale Bedingungen.

Urbane Systeme im globalen Wandel

Autorinnen und Autoren

K. Heinke Schlünzen, Jürgen Oßenbrügge, Bernd Leitl

Kernfrage

Welchen Einfluss haben Städte auf den globalen Wandel und welche Folgen hat der globale Wandel für Städte und ihre künftige Entwicklung?

Hintergrund und Relevanz

Die Entwicklung von Städten steht im 21. Jahrhundert vor tiefgreifenden Herausforderungen. Dazu gehören die Folgen der weltweit zunehmenden Urbanisierung und die damit einherge-

henden Änderungen des Stadtklimas. Der globale Klimawandel, die damit verbundenen Änderungen des regionalen Klimas und die Wetterextreme wirken sich ebenso aus wie der demographische Wandel, eingebunden in globale sozioökonomische Veränderungen. Gleichzeitig tragen Städte überproportional zur Produktion von Treibhausgasen bei.

Forschungsziele und Herangehensweise

Dieser Forschungsschwerpunkt quantifiziert den Einfluss von Städten auf den globalen Wandel und gleichzeitig dessen Folgen für Städte und deren Entwicklung. Dafür werden sich verändernde Temperatur-, Niederschlags- und Windregime, Luftbelastungen und Flächennutzungen

untersucht und geo-, bio- und human-ökologische Perspektiven sowie die infrastrukturelle Versorgung mit einbezogen. Um Wege für eine zukunftsfähige Stadtentwicklung aufzuzeigen, werden am CEN Szenarien zu verschiedenen Anpassungs- und Vermeidungsmaßnahmen abgeschätzt. Die Forschungsergebnisse werden außerdem danach bewertet, ob sie die Prinzipien einer nachhaltigen Stadtentwicklung unterstützen.

Der Forschungsschwerpunkt hat drei Hauptziele:

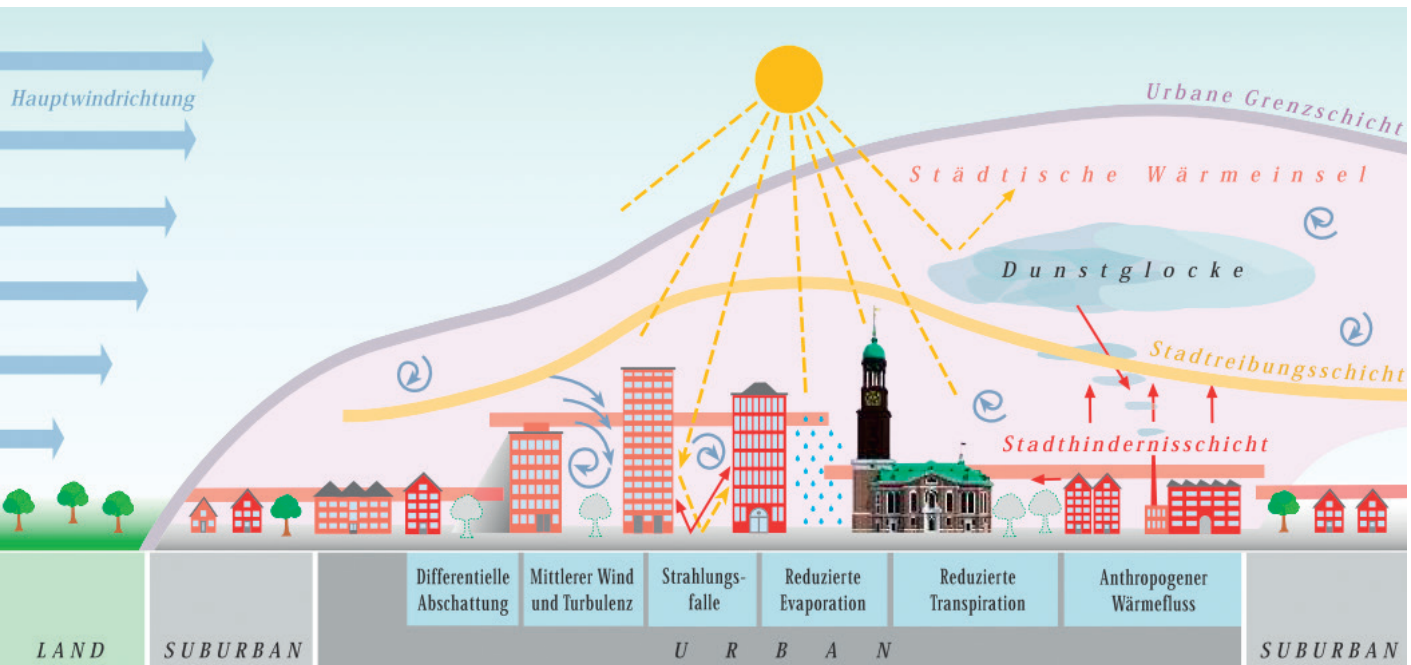
1) Wissen über Umwelteinflüsse und deren Bezug zur Stadtentwicklung erfassen und vertiefen: Hier stehen die Bestandsaufnahme, Aktualisierung und Vertiefung des Verständnisses von Systemkomponenten, die Umwelteinflüsse als Stressoren für städtische Zielgrößen abbilden und projizieren, im Vordergrund. Stressoren sind dabei beispielsweise Luftverschmutzung, sehr hohe oder sehr niedrige Temperaturen, Verkehr oder wenig städtische Grünflächen. Diese Stressoren können durch systeminterne Belastungsquellen aufgebaut werden. Dazu zählen hohes Verkehrsaufkommen, hoher Versiegelungsgrad oder ungünstige Bebauung. Sie entstehen aber auch aus externen Antrieben wie dem globalen Klimawandel und Temperaturanstieg oder werden durch diese verstärkt. Zusätzlich definieren wir am CEN besonders gefährdete Bevölkerungsgruppen oder Infrastrukturpunkte. Diese werden lokalisiert und deren Exposition und Sensitivität analysiert, um so den Einfluss der Stressoren für die Stadtbevölkerung zu bewerten.

2) Sektorale Stressoren zu einem komplexen und übergreifenden Wirkungsmodell zusammenführen:

Am CEN wird eine Modellplattform entwickelt, die sektorale Erkenntnisse zu multi-sektoralen Aussagen verbindet. Aus den Zusammenhängen zwischen bestehenden und kommenden Multi-



Wichtig für das Stadtklima: Grünflächen tragen durch Verdunstung zur Kühlung bei.



Komponenten der Stadt als Gegenstand der Klimaforschung

stressoren werden so Kriterien urbaner Nachhaltigkeit abgeleitet. Damit ein Stadtsystem selbst bei einer „Verketzung unglücklicher Umstände“ funktionsfähig bleibt, muss es Resilienz aufweisen. Hierzu werden räumliche und zeitliche Abhängigkeiten und Wechselwirkungen intern verursachter und extern herangetragen Stressoren für das urbane System untersucht. Um die Stressoren zu lokalisieren, werden die Folgen von Anpassungs- und Vermeidungsmaßnahmen analysiert – besonders im Hinblick auf multiple Stressoren wie Luftqualität, Temperatur oder Alter der Bewohner – und räumlich differenziert. Dieses Wissen ermöglicht, die Wirkung der kombinierten Multi-stressoren mit Qualitätsindikatoren urbaner Nachhaltigkeit abzugleichen und erlaubt Abweichungen von potenziellen Zielzuständen.

3) Das Verhältnis von Produktion wissenschaftlicher Erkenntnisse und deren Anwendung im urbanen Kontext erforschen: Urbane Systeme werden erhebliche Anpassungsleistungen erbringen müssen, um die Auswirkungen des globalen Wandels auf die Stadtentwicklung abzumildern. Gleichzeitig müssen sie Treibhausgas-Emissionen substantiell reduzieren und Städte umgebaut werden, um das Stadtklima zu verbessern. Dies erfordert weitreichende Planungs- und Steuerungsleistungen. Die Stadtforschung im CEN liefert dazu Ergebnisse aus der Grundlagenforschung und zeigt über Fallstudien mögliche Folgen von Umweltschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen auf.

Energielandschaften

Autoren

Jürgen Scheffran, Jürgen Böhner,
Hermann Held

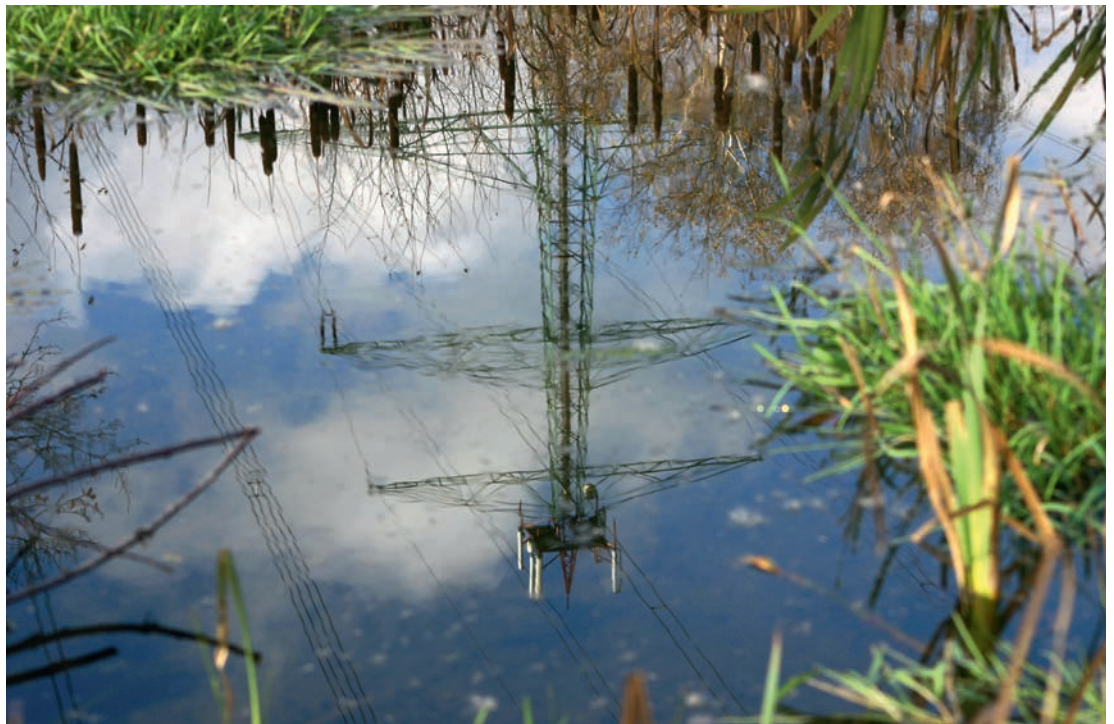
Kernfrage

Wie können ökologisch, wirtschaftlich und sozial nachhaltige Formen der Landnutzung entwickelt werden, die eine risikoarme Umsetzung der Energiewende in Europa ermöglichen?

Hintergrund und Relevanz

In weiten Teilen der Welt führt die steigende Nachfrage nach Land zu einem Wettbewerb um diese begrenzte Ressource. Der Klimawandel wie auch der Übergang zu einer erneuerbaren Energieerzeugung steigert den Bedarf an geeigneten Küsten- und Landflächen. Der Anbau von Nahrungsmitteln, Pflanzen für Biokraftstoffe, Windkraft-, Solar- oder Biogasanlagen – all das braucht Platz. Eine mögliche Konsequenz sind Konflikte zwischen verschiedenen Formen der Landnutzung. Der Paradigmenwechsel vom zentralisierten Ener-

giesystem des Industriezeitalters hin zu einer dezentralen Energieversorgung in der Fläche eröffnet aber auch neue Chancen für Kooperation und Partizipation. In klimasensitiven Energielandschaften erfolgt eine Verknüpfung natürlicher und gesellschaftlicher, horizontaler und vertikaler, lokaler und globaler Dimensionen für verschiedene Energietechnologien, Infrastrukturen und Entscheidungsprozesse. Für eine nachhaltige Energiewende müssen ökologisch, wirtschaftlich und sozial nachhaltige Formen der Landnutzung entwickelt werden, die komplexe Zu-



Energiewende um jeden Preis? Kosten, Nutzen und Risiken müssen sorgfältig abgewogen werden.



Die Erzeugung von Wind-, Bio- und Solarenergie braucht Platz. Das kann Konflikte mit anderen Nutzungsformen wie der Landwirtschaft schaffen.

sammenhänge zwischen Land, Energie und Klima berücksichtigen und gleichzeitig Kosten, Nutzen und Risiken angemessen betrachten.

Forschungsziele und Herangehensweise

Dieser Forschungsschwerpunkt befasst sich mit dem Verhältnis zwischen Wettbewerb und Zusammenarbeit in den neuen Energielandschaften. Unser Ziel ist es, Konzepte zu entwickeln, bei denen die Verwundbarkeiten und Risiken von Störungen, Nutzungskonflikten und Katastrophen für das Energiesystem und die Gesellschaft verringert werden können. Konkret werden in lokal-regionalen Kontexten optimale und alternative Entwicklungspfade für die Energieversorgung, Kohlenstoffspeicherung und Landnutzung beleuchtet. Dabei werden die Präferenzen beteiligter und betroffener Personen wie auch übergeordnete Zielsetzungen und Kriterien berücksichtigt. Hierzu gehören ökonomischer Nutzen und Versorgungssicherheit ebenso wie Nachhaltigkeit, Natur- und Klimaschutz. Es geht um die langfristige Energiesicherheit, das Erreichen klimapolitischer Vermeidungs- und Anpassungsziele, um gesellschaftliche Stabilisierung, Konfliktvermeidung und die Förderung von Kooperationen zwischen Entwicklungs- und Industrieländern.

Am CEN wird hierzu ein neuer integrativer und interdisziplinärer Forschungsrahmen entwickelt, der eine dynamische Modellumgebung natürlicher Prozesse und sozialer Interaktionen mit Daten Geographischer Informationssysteme (GIS) verbindet. So können regionsspezifische Interaktionen zwischen Klimavariablen, Energiezyklen, dem Kohlenstoffkreislauf, der Landqualität und der Landnutzung untersucht werden. Gleichgewichts- und agentenbasierte Modelle werden genutzt, um die Dynamiken lokaler wirtschaftlicher Prozesse mit international vernetzten Volkswirtschaften abzubilden, mit speziellem Fokus auf Landwirtschaft und Energiemärkten. Methodisch sollen die verschiedenen Phasen des Lebenszyklus der Energieversorgung von der Energiequelle bis zur -nutzung und Abfallbeseitigung, unter Abschätzung von Kosten, Risiken und Konfliktpotenzialen optimiert werden. Entscheidungskriterien für eine vergleichende Beurteilung von Energiepfaden in verschiedenen regionalen Energielandschaften werden unter Beteiligung von Stakeholdern entwickelt und eingesetzt.

Anhand von Fallstudien prüft das CEN neue Wege, um die Schlüsselressource Raum optimal zu nutzen. Wie können Agrarflächen in Zukunft genutzt wer-

den? Welches sind geeignete Standorte für die Erzeugung erneuerbarer Energien? Welche politischen Rahmenbedingungen fördern effiziente und nachhaltige Landnutzungsmuster, die für die Gesellschaft akzeptabel sind? Die Forschung soll die räumlich-geographischen Zusammenhänge natürlicher und gesellschaftlicher Prozesse in der Energieversorgung (Einsammeln von Energie in der Fläche, Energiefußabdruck) beleuchten sowie die Integration von vertikalen Energieflüssen (von geologischen Lagerstätten bis zu atmosphärischen Energiepotenzialen) und horizontalen Wechselwirkungen (städtische und ländliche Regionen) verdeutlichen.

Verschiedene räumliche (lokal-regional) und zeitliche Skalen (Stunden bis Jahrzehnte) werden übergreifend im Kontext des Nexus aus Energie, Wasser und Nahrung in der Landnutzung analysiert. Diesbezüglich arbeitet das CEN mit dem Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) und dem Cyprus-Institut zusammen. Kooperationen ergeben sich auch über die strategische Partnerschaft der Universität Hamburg mit der Fudan-Universität in China und der Macquarie-Universität in Australien.

Klimawandel und Gesellschaft: Prozesse und Nachhaltigkeitsszenarien

Autorinnen und Autoren:

Hermann Held, Anita Engels

Kernfrage

Welche Konsequenzen ergeben sich aus einem vertieften Verständnis aufeinander bezogener sozialer und naturräumlicher Dynamiken für die nächste Generation von Klimaszenarien?

Hintergrund und Relevanz

Soziale Prozesse, Strukturen und Dynamiken treiben Klimaveränderungen an. Gleichzeitig organisieren sie einen wertenden gesellschaftlichen Diskurs über alternative Zukünfte, insbesondere darüber, auf welche Weise Anpassungs- und Vermeidungsstrategien umgesetzt werden sollen. Die Analyse dieser Prozesse ist eine wichtige Grundlage, um Interaktionen zwischen der Gesell-

schaft und dem Klimasystem verstehen zu können. Das Thema Nachhaltigkeit erfordert zudem eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den normativen Grundlagen verschiedener Zielvorstellungen, die in die Konstruktion von Szenarien einfließen.

Der Forschungsschwerpunkt wird langfristig wichtige Beiträge zur Gesamthematik von CEN leisten, indem er die vielfältigen disziplinären Perspektiven aus den Wirtschafts-, Sozial- und Kulturwissenschaften aufeinander bezieht und für die Forschungsgemeinschaft aufbereitet.

Zunächst werden alle Themen aufgefächert, die eine eigene Relevanz im Kontext von Erdsystem- und Nachhaltigkeitsforschung innehaben. Im zweiten Schritt wird sowohl auf die besonderen Schwerpunkte an der Universität Hamburg fokussiert als auch auf die besonders drängenden Fragestellungen in der Erdsystem- und Nachhaltigkeitsforschung reagiert.

Forschungsziele und Herangehensweise

Der Forschungsschwerpunkt möchte ausgewählte soziale Dynamiken besser verstehen und sie in die Entwicklung realistischer Szenarien von Klimapolitik einbinden. Dabei wird sowohl prozessbeschreibend als auch szenarienbildend geforscht.

Die Prozessperspektive untersucht wiederkehrende, aber auch veränderbare Muster von räumlichen Strukturen, dynamische Interdependenzen natürlicher und sozialer Systeme und Eigendynamiken der gesellschaftlichen Konstruktion des Klimawandels. Damit ist sie sensibel für Mensch-Natur-Wechselwirkungen auf verschiedenen Maßstabsebenen und zwischen diesen Ebenen. Einen Schwerpunkt bildet hierbei die kritische Analyse sozial und ökologisch nicht nachhaltiger Innovations- und Konsumpraktiken aus sozialwissenschaftlicher, humangeographischer und betriebswirtschaftlicher Perspektive. Welche Antriebsdynamiken sind zum Beispiel verantwortlich, wenn sich pro-



Zeichen setzen für mehr Radverkehr: Fahrradfahrer formieren sich als „Critical Mass“.



Im Fokus: Öffentliche Meinungsbildung und Medienkommunikation im Kontext Klimawandel

klamierte Klimaziele und tatsächliche Emissionsminderungen unterscheiden? Einen weiteren Schwerpunkt bilden Sicherheitsaspekte. Der Forschungsschwerpunkt widmet sich den Wechselwirkungen zwischen Klimawandel, ökologischen Veränderungen, menschlicher (Un)sicherheit, sozialer (In)stabilität und Gewaltkonflikten.

Die Szenarien werden der Gesellschaft eine Auswahl systemisch konsistenter, zugleich normativ diversifizierter Anpassungs- und Vermeidungsszenarien aufzeigen. Der Prozess der Szenarienbildung soll am CEN vorangetrieben werden. Der Forschungsschwerpunkt reagiert damit auch auf den gesellschaftlich formulierten Bedarf an neuen Szenarien zur Klimapolitik, die das tatsächliche Handlungs- und Folgenspektrum klarer als bisher ausleuchten. Hierfür werden nicht marktbasierende Präferenzen in die Szenarienentwicklung einbezogen, Optionen des Climate-Engineering im Vergleich

zu Vermeidungsoptionen bewertet und – unterstützend hierfür – konsistentes Entscheiden unter heterogen verteilter tiefer Unsicherheit analysiert. Die neuen Szenarien werden analysiert, für gesellschaftliche Akteure aufbereitet und ihre Relevanz veranschaulicht.

Der Forschungsschwerpunkt greift insgesamt auf Expertise aus den Sozialwissenschaften, der Sozial- und Wirtschaftsgeographie, der Betriebswirtschaft, der Volkswirtschaft, des „Integrated Assessment“ sowie der Entscheidungstheorie an gekoppelten Klima-Ökonomie-Dynamiken unter Unsicherheit zurück.

Er möchte den Dialog zwischen den prozessorientiert arbeitenden Gruppen des CEN und der szenarienbildenden globalen „Integrated Assessment“-Community fördern.

Im CEN geschaffenes Prozesswissen würde den globalen Prozess der Szenarienbildung unterstützen. Zugleich er-

öffnet sich der Forschungsgemeinschaft ein neuer Kommunikationskanal, um zurückzuspiegeln, an welchem Prozesswissen neuer Bedarf besteht.

Forschungsfragen zu Prozesswissen

Im Kontext „Auswirkungen von Klimapolitik auf unternehmerisches Handeln“ wird analysiert, inwieweit Kapitalmarktakteure Einfluss auf die Berichterstattung über treibhausgasreduzierende Maßnahmen in Unternehmen ausüben und wie diese Informationen bei Anlageentscheidungen berücksichtigt werden. Kohlenstoffintensive Unternehmen werden besonders in den Fokus genommen. Außerdem wird untersucht, wie die weltweite Verbreitung des Emissionshandels die Strategien von CO₂-emittierenden Unternehmen langfristig beeinflusst. Ein besonderes Augenmerk gilt der spezifischen Umsetzung von marktbasierenden Instrumenten der Klimapolitik in unterschiedlichen Kontexten, zum Beispiel in der EU oder in China.



**Emissionshandel unter wissenschaftlicher Beobachtung:
Welche Entscheidungen treffen kohlenstoffintensive Unternehmen?**

Der Themenkomplex „Sicherheit“ erforscht die Wechselwirkungen zwischen klimainduzierten ökologischen Veränderungen und gesellschaftlichen Transformationsprozessen, insbesondere Migrationsbewegungen, Sicherheitsrisiken und unternehmerische Transformation. Methoden sind hier quantitative statistische Analysen, qualitative Fallstudien, agentenbasierte Modelle und akteurszentrierte Diskursanalysen. Ein Schwerpunkt werden mikro- und mesoskalige Effekte in ausgewählten Regionen Afrikas und Asiens sein, wo die Bedeutung von umweltbedingter Migration untersucht wird. Fer-

ner werden diskursive Verknüpfungen von Klimawandel und Sicherheit durch relevante globale Akteure analysiert. Konzeptionelle Arbeiten werden die Interaktionen zwischen Natur- und Sozialsystemen spezifizieren und so zum Beispiel Kategorien räumlicher und sozialer Ungleichheiten einbeziehen, die in den anderen CEN Themen bisher nicht aufgegriffen werden. Globale gesellschaftliche Machtverhältnisse und Verantwortungsbeziehungen werden beleuchtet, die sozioökonomische Prozesse und ihre multiskalaren Interdependenzen (re)produzieren.

Forschungsfragen zu Szenarientwicklung

Unsicherheiten stellen bei Entscheidungen im Kontext Klimawandel einen Effekt erster Ordnung dar. Sowohl die Folgen des Klimawandels als auch die Nebenwirkungen einiger Optionen zum Climate-Engineering sind von tiefer Unsicherheit geprägt und schwerer bestimmbar als der Klimawandel an sich und seine Vermeidungskosten. Am CEN wird derzeit die „Kosten-Risiko-Analyse“ entwickelt und auf ihre Konsequenzen für Klimapolitiksszenarien hin untersucht. Das Max-Planck-Institut für Meteorologie, eine enge Partnerinsti-

tution des CEN, unterstützt diesen Prozess durch Ableitung prozessbasierter Klimamodule. Gemeinsam werden Szenarien entwickelt, die Klimaziele jenseits von Temperaturzielen in den Blick nehmen. Hierzu sollen erstmals ökonomische Wachstumsmodelle und Klimamodelle zeitgenössischer Komplexität gekoppelt werden.

Die öffentliche Meinungsbildung und die Medienkommunikation werden ebenfalls analysiert, hier stehen die kulturellen Konstruktionsprozesse im Fokus. In deren Rahmen erschließen sich die Menschen das Thema Klimawandel

als Gegenstand sozialen Handelns. Dies hat Folgen für das Konsumverhalten, für politische Entscheidungen und auch für die Klimaforschung selbst.

Im Grenzbereich zwischen beschreibender und projizierender Perspektive werden schließlich Klimawandel-Prozessketten durchleuchtet, aus denen Hinweise zu Grenzen der Anpassung abgeleitet werden sollen. Eine Wirkungskette reicht dabei von der globalen Erwärmung über Änderung von Niederschlagsmustern, agrarökonomischen Effekten bis hin zu Sicherheitsfragen für Regionen, deren Klimate

sich besonders stark mit einer globalen Erwärmung verändern könnten. Das CEN ist einer der wenigen Forschungsstandorte weltweit, an dem eine derart lange Wirkungskette abgebildet werden kann.



Im Themenkomplex „Sicherheit“ wird die Bedeutung umweltbedingter Migration in Afrika analysiert.

POTENZIALBEREICH

Das CEN definiert neue Ideen als Potenzialbereich. Gesellschaftlich wichtige Themen, die zunächst nur von einzelnen Forschenden oder kleinen Forschungsgruppen aufgegriffen werden, können sich zu tragenden Säulen zukünftiger Forschungsbereiche und -schwerpunkte entwickeln. Die folgenden drei Themen sind solche Potenzialbereiche, die unterschiedlich weit entwickelt sind.

Ressource Boden im Umwelt- und Klimasystem

Autorinnen und Autoren

Annette Eschenbach, Eva-Maria Pfeiffer, Lars Kutzbach, Jürgen Böhner, Martina Neuburger

Böden sind – neben Luft und Wasser – eine unverzichtbare Grundlage für das Leben in unserem Erdsystem. Sie erfüllen wesentliche Funktionen in terrestrischen Ökosystemen. Böden regulieren Stoff-, Wasser- und Energiekreisläufe und ermöglichen die Nahrungsmittelproduktion und die Er-

zeugung von nachwachsenden Roh- und Energiestoffen. Klimawandel, Umweltveränderungen, zunehmender Nutzungsdruck und eine nicht nachhaltige Bodennutzung führen weltweit zu irreparablen Bodenschäden und -verlusten durch Erosion, Versiegelung, Schadstoffe, Versalzung und Verdichtung. Gleichzeitig geht immer mehr traditionelles Wissen über nachhaltige Bodenbearbeitung und -nutzung verloren. Schon heute können Böden, als nicht erneuerbare Ressource, ihre Ökosystemfunktionen im Erd- und Klimasystem nicht oder nur noch eingeschränkt erfüllen. Weltweit sind mehr als 25 Prozent der Landoberfläche von Bodendegradation betroffen.



Durch intensive Landwirtschaft degradieren viele Böden. Dies schränkt auch ihre Leistung für das Klima als Speicher für organischen Kohlenstoff ein.



Feuchtgebiete, wie hier in der arktischen Tundra, sind eine natürliche Quelle für das Klimagas Methan.

Ziel der interdisziplinären Forschung am CEN ist es, das Prozessverständnis zu Auswirkungen von Landnutzungs- und Klimawandel auf die Ressource Boden zu vertiefen. Auf der Basis von Beobachtungen und Modellen sollen Strategien für eine nachhaltige Bodennutzung sowie ein integrierter Bodenschutz als Beitrag zur künftigen Wasser- und Nahrungsmittelversorgung entwickelt werden.

Über bestehende internationale Verbundprojekte wird zurzeit die Funktion und Gefährdung von Böden in relevanten Regionen der Erde vom Himalaja bis ins norddeutsche Tiefland, vom südlichen Afrika bis in die sibirische Arktis erforscht. Die Entwicklung von Anpassungsstrategien erfordert eine integrierte Grundlagenforschung der beteiligten Disziplinen Bodenkunde, Geographie, Biologie, Biogeochemie, Ökonomie und Nachhaltige Umweltentwicklung.

Im Fokus der Forschung am CEN steht:

- die Qualität des Bodenkohlenstoffs und seine Sequestrierung,
- die Bildung und Umsetzung von Treibhausgasen aus dem Boden,
- die Verhinderung von Nährstoffverlusten und die Entwicklung von Verfahren zur Nährstoffrückführung,
- die Bewertung von Schadstoffbelastungen auch unter geänderten Klima- und Umweltbedingungen,
- die nachhaltige Nutzung von Bodenwasser in Trockengebieten,
- die Funktion von Böden für die Biodiversität,
- die Entwicklung von Verfahren zur monetären Bewertung von Bodenfunktionen und Bodenqualität,
- die räumliche Erfassung und Modellierung von Prozessen der Bodendegradation im Umwelt- und Klimasystem.

Nachhaltige Ernährungssysteme

Autorinnen und Autoren

Max-Peter Menzel, Anke Strüver,
Martina Neuburger

Ernährungsdiskurse und -praktiken vollziehen aktuell einen grundlegenden Wandel hin zu individuellem Gesundheitsbewusstsein einerseits, zu globaler Nachhaltigkeit und Verantwortung andererseits. Parallel dazu sind Teile der Bevölkerung im globalen Norden wie im Süden durch Verarmung gezwungen, rein ökonomisch motivierte Aspekte in den Vordergrund ihrer Konsumentscheidungen zu stellen. Beide Effekte entstehen auf der Konsumseite und finden seit einigen Jahren verstärkt statt. Sie stellen bestehende Produktions-, Distributions- und Konsumtionssysteme von Nahrungsmitteln auf

verschiedenen Maßstabsebenen grundlegend infrage. Zugleich lassen sich vor dem Hintergrund zunehmender Ressourcenknappheit, von Postwachstumspolitiken, die an Bedeutung gewinnen, und neuen Formen lokaler Produktionsinitiativen veränderte Aushandlungsprozesse von sozialen wie räumlichen Verantwortungsbeziehungen beobachten. Diese Prozesse gilt es offenzulegen, wie sie hinsichtlich diskursiv konstituierter und politisch wie institutionell verfestigter Nachhaltigkeitsnormen und individualisierter Alltagspraktiken zusammen- oder entgegenwirken.

Es ist geplant, das Thema am CEN aus drei Perspektiven zu untersuchen: Auf der Subjektebene werden die Veränderungen der Ernährungs-, Alltags- und Verantwortungspraktiken analysiert. Aus einer Systemperspektive werden die sich mit diesem Wandel verändern-

den Zusammenhänge zwischen Technologie, Institution, ökologischen Rahmenbedingungen und Gesellschaft betrachtet. Die Netzwerkperspektive bringt die multilokalen Auswirkungen der Nahrungsmittelproduktion in globalen Werteketten mit ein, die wiederum in Konsumententscheidungen einfließen.

Schließlich thematisiert dieser Potenzialbereich auch normative Fragestellungen, wie den gerechten Zugang zu gesunder Ernährung. Die Bearbeitung dieses komplexen Themas bedarf einer Breite an Perspektiven, Kompetenzen und Methoden, die in einzigartiger Weise im CEN integriert sind.

Links: Setzlinge von Wildkakao in Bolivien, der international zertifiziert ist und zu Schweizer Edelschokolade verarbeitet wird.

Rechts: Projekt Klima-Teller in den Mensen der Universität Hamburg





Aschewolken aus Vulkanen können Einfluss auf Wetter und Klima nehmen: hier Feldmessungen am Stromboli.

Klima- und Georisiken

Autoren

Dirk Gajewski, Matthias Hort,
Valerio Lucarini

Georisiken umfassen Naturgefahren wie Erdbeben, Stürme, Überschwemmungen, Stürme, Hitzewellen, Kälte- wellen und Vulkanausbrüche. Sie be- zeichnen aber auch Gefahren, die durch den Eingriff des Menschen in unser Geosystem entstehen, wie zum Bei- spiel Hangrutschungen durch Rodung oder mögliche Sequestrierung von CO_2 und damit verbundene Leckagen und Mikrobeben.

Die mit dem Extremereignis verbun- dene Gefahr ist dabei stets eine Kom- bination aus der Vulnerabilität der be- troffenen Region und dem Ausmaß des Ereignisses selbst. Es ist eine große Her- ausforderung zu verstehen, wie die Kli- marisiken durch den Klimawandel be-

einflusst werden.

Das Verständnis und damit die Mög- lichkeit zur Minimierung von Klima- und Georisiken ist eine der wichtigsten Anforderungen an unsere Gesellschaft und erfordert integrierte Forschungs- anstrengungen. Hierzu bringt das CEN seine Expertise auf verschiedenen Ebe- nen ein. Numerische Modelle, Beobach- tungen, mathematische Theorien und das Verständnis geophysikalischer Me- chanismen sind dabei entscheidend für die Fähigkeit, Extremereignisse vorher- zusagen. Ergebnisse dieser Arbeiten fin- den Eingang sowohl in ökonomische als auch geographische Modellstudien, in denen zum Beispiel Szenarien zur Redu- zierung von klimarelevanten Schadstof- fen über wirtschaftliche Anreize unter- sucht werden. Diese Ergebnisse werden in die Ausgangsmodelle zurückgespie- gelt, um ihre Wirksamkeit zu testen.

VERNETZUNG

Alle CEN Aktivitäten profitieren von einer engen Vernetzung innerhalb der Universität und von außeruniversitären Partnerschaften. Die Verbindungen zwischen dem CEN und seinen Partnern beruht auf einer langjährigen Kooperation, die durch das DFG-geförderte Exzellenzcluster „Integrated Climate System Analysis and Prediction“ (CliSAP) im Jahr 2007 international als exzellent herausgestellt wurde. Darüber hinaus pflegt das CEN intensive Kooperationen auf nationaler und internationaler Ebene.

Hamburger Umfeld

Das CEN arbeitet ebenso wie seine Vorgängerorganisation, das universitäre Zentrum für Meeres- und Klimaforschung, seit langem intensiv und erfolgreich mit dem Max-Planck-Institut für Meteorologie, dem Helmholtz-Zentrum Geesthacht und dem Deutschen Klimarechenzentrum zusammen. Die Zusammenarbeit profitiert von formellen und informellen Kooperationsformen und schließt gemeinsame Professuren, gemeinsame Infrastruktur sowie gemeinsame Aus-

bildungsprogramme ein. Darüber hinaus haben sich im Hamburger Umfeld Universitäten, Forschungseinrichtungen und Bundesbehörden, die sich mit Klimafragen und -services befassen, in einer übergreifenden Initiative, dem KlimaCampus Hamburg, zusammengefunden. Hier werden der Austausch von Wissen, Daten und Modellen sowie Kooperationen in Lehre und Bildung gefördert. Das CEN repräsentiert die Universität Hamburg im KlimaCampus Hamburg.



Das CEN ist gut vernetzt im Hamburger Raum ...



... und weltweit.
Hier bei der
größten Tagung
für Geowissen-
schaften in San
Francisco.

Vernetzung im norddeutschen Raum

Das CEN arbeitet auf dem Gebiet der Meeres- und Klimaforschung intensiv mit verschiedenen Instituten im norddeutschen Raum zusammen. Das MARUM an der Universität Bremen und das GEOMAR an der Universität Kiel treiben dabei die Ozeanforschung mit verschiedenen Schwerpunkten voran, während das CEN für den Bereich Klima- und Nachhaltigkeitsforschung steht. Das CEN ist Mitglied im Konsortium Deutsche Meeresforschung (KDM) und im Deutschen Klima-Konsortium (DKK).

Globale Vernetzung

Die Forschung findet in enger Kooperation mit international führenden Instituten und Universitäten statt. Darüber hinaus ist das CEN aktiv und zum Teil federführend in internationale Großprogramme eingebunden. Hierzu gehört insbesondere das Welt-Klima-Forschungsprogramm (WCRP), an dem viele CEN Mitglieder beteiligt sind.

Auch ist das CEN maßgeblich an den Klimasachstandsberichten des Weltklimarates (IPCC) beteiligt. So waren im Bericht von 2014 zwei Wissenschaftler leitende Autoren. CEN Forschende sind außerdem Teil des „International Council for the Exploration of the Sea“ (ICES), einer globalen Organisa-

tion zur Unterstützung der Nachhaltigkeit des Ozeans.

Auch der wissenschaftliche Nachwuchs ist bereits vernetzt: Das CEN beteiligt sich an internationalen Sommerschulen und die vom CEN unterstützten Studiengänge ziehen Studierende aus der ganzen Welt nach Hamburg.

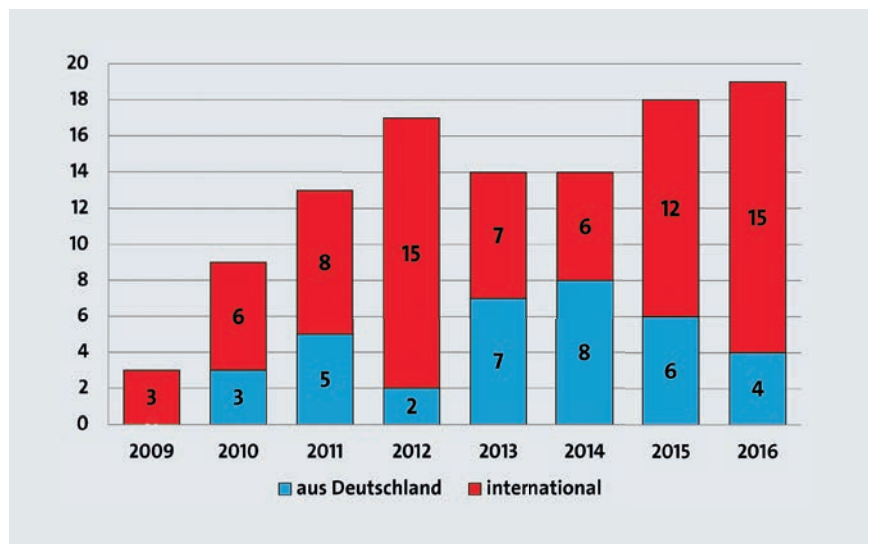
NACHWUCHSFÖRDERUNG

Die Förderung des akademischen Nachwuchses ist eine wesentliche Aufgabe des CEN. Das Zentrum fördert neben der disziplinären auch die fächerübergreifende Ausbildung für Studierende und Promovierende der Universität Hamburg. Ihr liegt dabei das Konzept der Einheit von Forschung und Lehre, das forschende Lernen, zugrunde.

Eine Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Nachwuchsförderung am CEN ist die Unterstützung des forschungsorientierten Lernens in den Geo-, Sozial- und Geisteswissenschaften, indem CEN Mitglieder im erheblichem Umfang die angebotenen Bachelor- und Master-Studiengänge der beteiligten Fachbereiche unterstützen. Die Studierenden werden dadurch schon früh im Studium durch forschendes Lernen disziplinär ausgebildet und zu interdisziplinärer Kooperation motiviert. Sie führen projektorientierte und praxisnahe Arbeiten durch, die oft in die interdisziplinären und internationalen Projekte des CEN integriert sind. Neben diversen fachspezifischen Programmen gibt es einen aktiven Austausch von Studierenden und Promovenden mit verschiedenen Universitäten in EU-Ländern sowie auf internationaler Ebene.

Eine Vorreiterrolle in Bezug auf interdisziplinäre Ausbildung nimmt die „School of Integrated Climate System Sciences“ (SICSS) ein, die durch den Exzellenzcluster CliSAP etabliert wurde. Diese Graduiertenschule bietet ein zweijähriges englischsprachiges Master-Programm sowie ein dreijähriges Promotionsprogramm in der integrierten Klimawissenschaft. Der Internationalisierungsgrad in den SICSS-Programmen ist im Vergleich zu anderen Programmen der Universität Hamburg überdurchschnittlich hoch. Alle Programme zur Nachwuchsförderung am CEN sind in die Prozesse und Strukturen der zentralen Graduierteneinrichtung der Universität eingebunden.

Masterstudiengang „Integrierte Klimasystemwissenschaften“:
Anzahl der Studierenden aus Deutschland und dem internationalen Ausland im Vergleich





Die Promovierendenausbildung ist Kernelement der Nachwuchsförderung am CEN. Die Graduiertenschule SICSS bietet ein freiwilliges Kursprogramm, das als Ergänzung zur fachlichen Ausbildung Kernkompetenzen fördert und Karrierewege aufzeigt. Ein individuell ausgerichtetes Betreuungspanel aus drei Personen begleitet den Promovenden bis zur Disputation. Das Programm umfasst Maßnahmen zur Qualitätssicherung, eine individuelle Karriereberatung in allen Qualifikationsphasen vom Master über die Promotion bis zum Postdoc, Maßnahmen zur Weiterqualifikation sowie die Rekrutierung und Betreuung internationaler Promovenden. Neben der strukturierten Promotion behält auch die „Individualpromotion“ einen hohen Stellenwert im CEN.



Klimaexpertinnen und -experten der nächsten Generation: Studierende der Graduiertenschule SICSS auf dem Campus

NATIONALE UND INTERNATIONALE SERVICES

Zwei Serviceeinheiten am CEN unterstützen die wissenschaftliche Forschung innerhalb des Zentrums, stellen ihre Dienste aber auch auf nationaler und internationaler Ebene zur Verfügung.

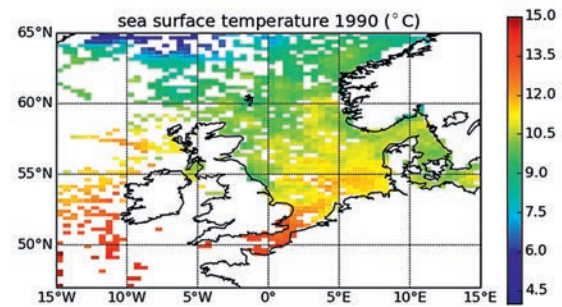
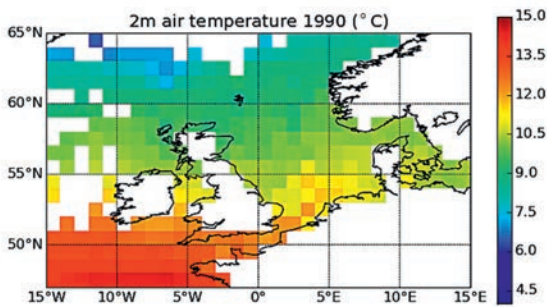
Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe

Drei große Forschungsschiffe stehen deutschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie ihren ausländischen Partnern für Projekte in der Meeres- und Klimaforschung zur Verfügung: FS METEOR, FS MARIA S. MERIAN und FS SONNE. Die Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe (LDF) mit Sitz am CEN koordiniert im Auftrag der DFG und des BMBF die Fahrten dieser Schiffe. Dabei ist sie verantwortlich für die wissenschaftlich-technische, logistische und finanzielle Vorbereitung, die Abwicklung und Betreuung der Schiffsbetriebe. Die Schiffe sind weltweit für grundlagenbe-

zogene aber auch angewandte Hochseeforschung im Einsatz. Die Leitstelle ist dabei Schnittstelle zwischen den Expeditions-Fahrtleitern, der Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG als Bereederer, den wissenschaftlichen Gremien wie der Senatskommission für Ozeanographie, dem Projektträger Jülich und dem Auswärtigen Amt, das die diplomatischen Genehmigungen für die Forschung in Küstenregionen weltweit einholt. Die LDF ist universelle Ansprechpartnerin in allen Belangen und stellt die nötigen Unterlagen und Dokumente bereit. Sie ist den jeweiligen Beiräten der Schiffe rechenschaftspflichtig.

Auch die Einsätze des neuen Forschungsschiffes SONNE werden von der Leitstelle in Hamburg aus koordiniert.





Das Integrated Climate Data Center betreibt eine Klima-Datenbank für In-situ sowie Satellitendaten und stellt diese im Web und auf Datenservern zur Verfügung.

Integrated Climate Data Center

Erdsystembeobachtungen, in-situ oder satellitengestützt, sind eine wichtige Basis, um den Zustand und die Veränderungen des Klima- und Erdsystems zu verstehen. Das „Integrated Climate Data Center“ (ICDC) des CEN ermöglicht einen einfachen Zugang zu qualitativ hochwertigen Daten aus den Bereichen Atmosphäre, Land, Ozean, Eis und Schnee. Nur hier am CEN werden auch klimarelevante Datensätze aus den Natur- und Sozialwissenschaften miteinander verknüpft. Zusätzlich kontrolliert und verbessert ICDC die Qualität bestehender Datenprodukte, erstellt einzigartige neue Datenprodukte, leitet klimarelevanter Parameter auf Basis dieser Datenprodukte ab und berät wissenschaftlich kompetent die Nutzer. Zusätzlich assistiert das ICDC-Team CEN Mitgliedern bei der Erstellung und Veröffentlichung ihrer einzigartigen Datensätze und bietet eine Plattform für deren weltweite Verbreitung.

Alle ICDC-Dienstleistungen kommen besonders CEN Mitgliedern zugute, werden aber gleichzeitig über ein Web-Portal auch weltweit bereitgestellt und intensiv genutzt. So hat sich das ICDC als ein hochwertiges globales Klimadatenzentrum für naturwissenschaftliche Daten etabliert.

Zu Datenaustausch und Qualitätssteigerung arbeitet ICDC eng mit dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, dem Alfred-Wegener-Institut, dem Deutschen Wetterdienst und dem Max-Planck-Institut für Meteorologie zusammen.

KOMMUNIKATION: INFORMIEREN, VERNETZEN, BEGEISTERN

Als fächerübergreifende Einrichtung ist das CEN ein wissenschaftliches Schwergewicht mit einer Vielzahl von relevanten Forschungsergebnissen. Gleichzeitig bildet es ein Koordinations- und Kommunikationszentrum für nationale und internationale Großprojekte. So wirkt das CEN als universitäres Forschungszentrum weit über Hamburg und Deutschland hinaus.

Die Aktivitäten der Öffentlichkeitsarbeit sind entsprechend auf folgende Felder ausgerichtet:

- Information über aktuelle wissenschaftliche Ergebnisse und Projekte
- Vernetzung der wissenschaftlichen Gemeinschaft, Dialog mit Stakeholdern und Politik
- die Öffentlichkeit für Wissenschaft begeistern, Relevanz der Forschung aufzeigen

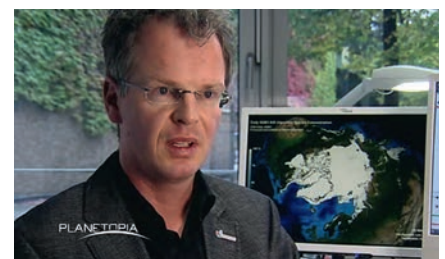
Die deutsch- und englischsprachige Website cen.uni-hamburg.de ist dabei für fast alle Zielgruppen erster Anlaufpunkt. Künftig werden die Inhalte hier noch stärker über die jeweiligen Interessengruppen strukturiert. Kernelemente sind beispielsweise ein Informationsservice zu aktuellen wissenschaftlichen Publikationen und thematische Dossiers. Hinzu kommen Einstiegsseiten zu Projekten, Programmen und den Koordinationsbüros in Hamburg. Forschende, Forschungsinstitutionen und potenzielle Partner weltweit bekommen so direkt die Informationen, die sie brauchen. Gleiches gilt für besonders gesellschaftsrelevante CEN Themen wie Energiewende, Ökosystemmanagement oder Anpassung an den Klimawandel.

Forschungsgemeinschaft im CEN

Die Mitglieder des CEN sind Teil einer hochkarätigen wissenschaftlichen Gemeinschaft. Sie profitieren wissenschaftlich von kurzen Wegen und einem kollegialem Austausch über die Fächergrenzen hinweg. Interne Veranstaltungen, die Zeit und Raum für Austausch abseits der Alltagsroutine ermöglichen, fördern diese Identifikation. Über interne Tools wie den täglichen Presseüberblick, den Publikations-Newsletter „Whats new?“ und die CEN News werden die Kolleginnen und Kollegen über alle relevanten Entwicklungen innerhalb des Zentrums informiert.

Medien als Multiplikator und Partner

Wichtigster Input für die Öffentlichkeitsarbeit sind die Ergebnisse aus der Forschung. Die diversen Themen sind so vielfältig wie spannend, wenn sie professionell vermittelt werden. Erster Multiplikator sind dabei die Medien. Das Renommee eines Forschungszentrums entsteht durch knackige Pressemitteilungen mit Gehalt und eindeutiger Information. Durch gezielte Ansprache möchte das CEN seine Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler noch stärker ermutigen, ihre Ergebnisse mit der Öffentlichkeit zu teilen. Das Team der Öffentlichkeitsarbeit berät professionell beim Umgang mit den Medien und leistet internen Schreibservice.



CEN Mitglieder in den Medien



Interaktives Stadtklima-Spiel: mit Spaß lernen bei der Nacht des Wissens

Das CEN öffnet seine Bandbreite in Zukunft auch in Richtung anwendungsbezogener Themen. Dieser Schritt hin zu konkreten Lösungsoptionen wird medial offensiv durch Schwerpunktdossiers und Themenabende mit Expertinnen und Experten begleitet.

Moderne Kommunikation kommt kaum noch ohne Bilder aus. Durch den Aufbau einer frei zugänglichen Bilddatenbank über die nächsten Jahre wird das CEN ein eigenes visuelles Gesicht bekommen. Es gibt Forschungsfotos, die so nur am CEN entstehen können (Laborsituationen, Visualisierungen, Expeditionen, Feldforschung). Ein attraktiver, ungewöhnlicher Bilderpool bietet einerseits einen gefragten Service für Redakteurinnen und Redakteure und andererseits auch der Öffentlichkeit diverse Möglichkeiten, die Bilder zu teilen und zu verbreiten.

Begeistern mit interaktiven Spielen und guten Storys

Das CEN beteiligt sich mit mobilen Exponaten an Ausstellungen, die durch ganz Deutschland touren. Verschiedene interaktive Spiele basieren direkt auf Forschungsergebnissen und vermitteln unterhaltsam die Kompetenz des CEN. Das Foyer im neuen CEN Gebäude wird als attraktiver Anlaufpunkt für die breite Bevölkerung, Touristengruppen und Schulklassen geplant. Diverse Exponate zum Mitmachen sowie Präsentationen auf einer Videowall sind stets nah dran an den Forschungsthemen im Zentrum.

Monatliche Gastbeiträge im Hamburger Abendblatt erreichen dauerhaft rund 200.000 Leserinnen und Leser und verankern so die Expertise des CEN in der Metropolregion Hamburg. Kernbotschaft: Die Hamburger Forschung ist relevant, zeigt Lösungen auf und wird spannend und verständlich vermittelt.

Service für Stakeholder und Entscheidungsträger

Der Forschungsstandort Hamburg bietet vielfältige wissenschaftliche Expertise. Diese soll in Zukunft verstärkt für nicht-wissenschaftliche Zielgruppen aufbereitet werden und so zu nachhaltigen Entscheidungen in Politik und Wirtschaft beitragen.

Die Öffentlichkeitsarbeit wird die verschiedenen Interessengruppen sondieren, gezielt thematisch beliefern und zu passenden Konferenzen und Workshops einladen. Wissenschaft und Stakeholder kommen so miteinander ins Gespräch und die thematischen Communitys vernetzen sich. Ein CEN Newsletter bietet Entscheidungsträgern regelmäßig Input und zeigt Einsatzmöglichkeiten der Forschungsfelder auch außerhalb der Universität.

Starke Verbindung zur universitären Zentrale

Durch die aktive und etablierte Kommunikation mit der Pressestelle der Universität werden die Themen am CEN zusätzlich breit multipliziert. In Imagebroschüren, dem Uni-Newsletter, dem Uni-Magazin 1919 und sozialen Medien tritt das CEN regelmäßig auf und trägt zum Renommee der Hochschule bei. Auf Veranstaltungen wie der Nacht des Wissens repräsentiert das CEN die Kompetenz in Erdsystem- und Klimawissenschaften innerhalb der Universität.

WISSENSCHAFTSMANAGEMENT

Das CEN Office bündelt und koordiniert die Unterstützung der Wissenschaft. Es bildet die administrative Schnittstelle zwischen dem Personal der verschiedenen Forschungsbereiche innerhalb des Zentrums und der Präsidialverwaltung und schafft damit eine strukturelle Basis zur Förderung der wissenschaftlichen Arbeit.

Professionelles Wissenschaftsmanagement bewegt und unterstützt Forschung

Die Kompetenzbereiche Akademische Verwaltung, Forschungskoordination, Nachwuchsförderung, Gleichstellung und Öffentlichkeitsarbeit ermöglichen eine bestmögliche Unterstützung und Betreuung der Wissenschaftlerinnen

und Wissenschaftler. Kurze Arbeits- und Entscheidungswege gekoppelt mit Flexibilität und fachlicher Nähe sorgen dafür, dass Wünsche und Anforderungen gezielt bearbeitet werden.

Die Forschungsstärke des CEN vermitteln: im Gespräch bei einer internationalen geowissenschaftlichen Tagung in Wien





Das CEN fördert die Konzeption und Durchführung von Forschungsvorhaben und unterstützt seine Mitglieder bei der Einwerbung von Drittmitteln – zum Beispiel beim Projekt „Climate Change and European aquatic RESources“.

Passgerechte Hilfe bei der Antragsstellung und Projektumsetzung

Die Forschungskoordination betreut CEN Forschende von der Antragsanbahnung bis zur Umsetzung von Verbundprojekten aus den Themenbereichen des CEN. Aktive Hilfe erfolgt dabei beim Kontakt zu den Fördergebern sowie der universitären Abteilung „Forschung und Wissenschaftsförderung“, beim Zusammenstellen von Konsortien für Verbundprojekte, der Koordination der projektinternen Kommunikation, bei der Vor- und Nachbereitung von Arbeitstreffen, Workshops, Klausurtagungen – aber auch bei der Kostenkalkulation. Während des Projekts unterstützt die Forschungskoordination in enger Abstimmung mit der Projektleitung das Monitoring und die Dokumentation des Projektfortschritts und des wissenschaftlichen Outputs.

Des Weiteren konzipiert, kommuniziert und betreut die Forschungskoordination am CEN interne Förderprogramme, zum Beispiel für Workshops und Gäste.

Eine enge Zusammenarbeit besteht mit der CEN Öffentlichkeitsarbeit und der Graduiertenschule SICSS. Dies beinhaltet unter anderem die gemeinsame Organisation von Veranstaltungen, die Einbindung des wissenschaftlichen Nachwuchses bei der Präsentation auf Tagungen und Konfe-

renzen und wissenschaftliche Beratung beim Erstellen von Informationsmaterialien.

Ziel ist es, die Forschungsstärke des CEN noch sichtbarer zu machen und die Forschungsleistungen nach innen und außen darzustellen. So fördert die Forschungskoordination die Vernetzung zwischen den beteiligten Akteuren und Einrichtungen.

INFRASTRUKTUR

Gemeinsam mit seinen Partnern nutzt das CEN eine Reihe von Einrichtungen und Ressourcen für die wissenschaftliche Forschung, von Rechnerkapazitäten bis hin zum Bau neuer Messapparaturen.

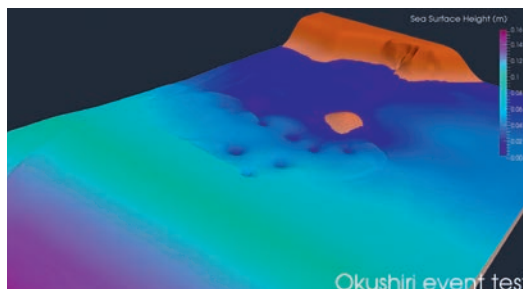
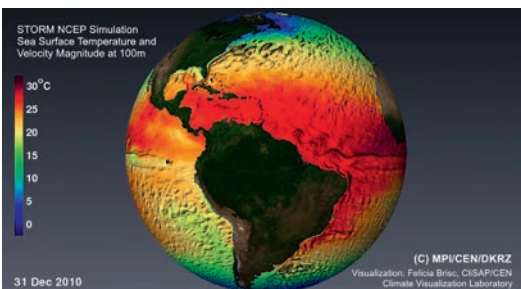
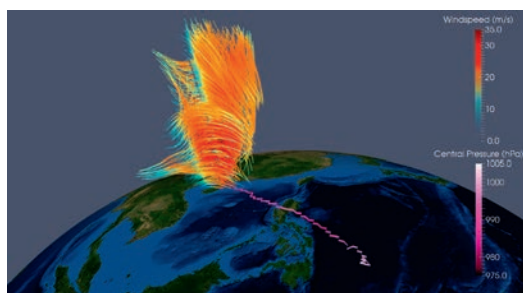
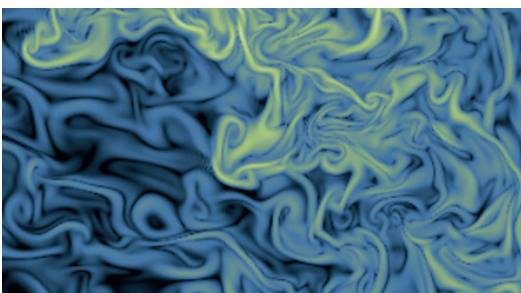
Informationstechnologie

CEN IT

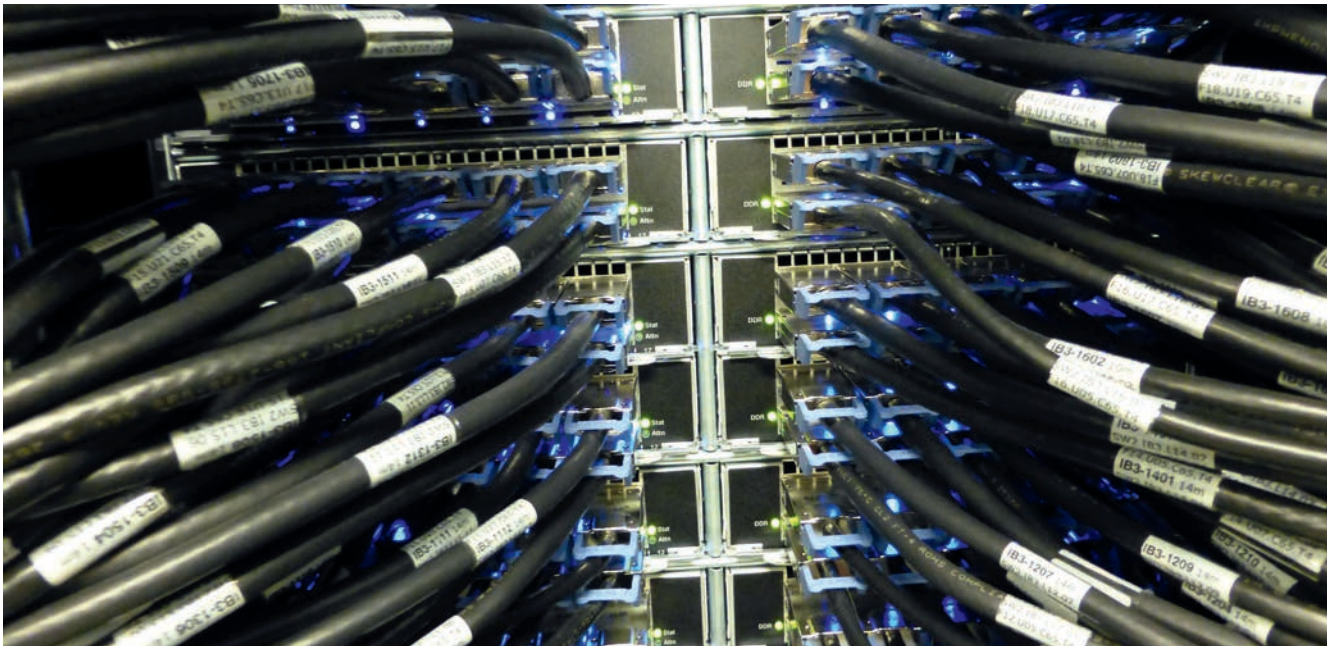
Der CEN IT-Service ergänzt die universitäre Basisversorgung durch eine forschungsgetriebene IT-Versorgung für CEN Mitglieder, ohne die anspruchsvolle Forschungsvorhaben nicht durchgeführt werden könnten. Unterstützt werden sowohl die Wissenschaft als auch der Lehrbetrieb. Die CEN IT-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter kümmern sich um Beschaffung und Reparaturen und betreiben einen zentralen Helpdesk.

Integrated Modeling Activities

Die Gruppe „Integrated Modeling Activities“ (IMA) verstärkt die in der CEN Gemeinschaft vorhandene Modellierungsexpertise und hilft dabei, neue Erdsystemmodelle zu entwickeln und vorhandene zu koppeln. Gleichzeitig entwickelt, implementiert und testet sie Diagnosewerkzeuge und vorhandene Erdsystemmodelle.



Mithilfe von Modellen simulieren die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Erdsystem und Klimageschehen. Visualisierungen können die Forschungsteams bei ihren Analysen leiten und neues Wissen schaffen.



Visualisierung

Klimabeobachtungen und numerische Simulationen produzieren eine große Menge an Daten. Die Visualisierung dieser Daten ist ein wichtiges Werkzeug, um einen effizienten Einblick in die Ergebnisse und in Prozesse zu erhalten, die Klimavariationen zugrunde liegen. Das „Climate Visualization Laboratory“ des CEN stellt dafür die Resultate von Klimarechnungen mittels spezieller Computerprogramme in Bild und Film dar.

Deutsches Klimarechenzentrum

Das Erdsystem lässt sich nicht im Labor nachbilden und analysieren. Für Experimente und Analysen ist die Klima- und Erdsystemforschung deshalb auf Rechenmodelle und Computersimulationen angewiesen. Über das Deutsche Klimarechenzentrum (DKRZ) haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des CEN Zugang zu speziellen Hochleistungsrechnern. Hier werden komplexe Prozesse wie etwa der Wärme- und Energietransport in Atmosphäre, Land und Ozean, mit Computerprogrammen simuliert und mögliche Zukunftsszenarien berechnet. Die Hochleistungsrechner und Datenspeicher des Klimarechenzentrums sind speziell auf diese Anforderungen abgestimmt. Gleichzeitig unterstützt das DKRZ die Wissenschaft bei der Optimierung der Modelle sowie bei der Auswertung und Visualisierung von Klimadaten.

Messsysteme

Windkanal

Die Meteorologie am CEN betreibt Europas größten Grenzschichtwindkanal, der es Forschenden ermöglicht, anhand von Modellen von Straßenzügen, Industrieanlagen oder ganzen Städten bodennahe Windströmungen, Turbulenzen und die Ausbreitung von Stoffen realitätsnah zu untersuchen. Neben der Grundlagenforschung werden auch praktische Fragestellungen, zum Beispiel aus dem Windingenieurwesen (Windbelastung auf Bauten), der Sicherheitsforschung (Ausbreitung von Gefahrstoffen in der Atmosphäre) oder dem Bereich Windenergie (Standortfragen) untersucht.

Wettermast

Im Hamburger Stadtteil Billwerder betreibt die Meteorologie den sogenannten Wettermast, eine Messanlage, um die atmosphärische Grenzschicht zu erforschen. Im Sekunden-takt werden in verschiedenen Höhen unter anderem Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Windrichtung gemessen und via DSL in das Geomatikum in der Bundesstraße übertragen.



Am Wettermast Hamburg führen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Wetter- und Klimamessungen zur Erforschung der Vorgänge in der atmosphärischen Grenzschicht durch.



Die wissenschaftliche Bibliothek in der Bundesstraße

Messnetze für Land-Atmosphären-Austauschflüsse und meteorologische Bedingungen

Die Institute am CEN betreiben aufwendige Messnetze, um Flüsse von Energie, Wasser und Treibhausgasen zwischen verschiedenen Landsystemen und der Atmosphäre zu bestimmen und die hydrologischen und meteorologischen Steuerfaktoren dieser Flüsse zu charakterisieren. Regionale Schwerpunkte bilden Untersuchungen zum Stadtklima Hamburgs (HUSCO), zur Klima- und Ökosystemdynamik im hohen Himalaja und zur Quantifizierung von Treibhausgasflüssen zwischen Atmosphäre und kohlenstoffreichen Ökosystemen wie Permafrostgebieten und Mooren verschiedener Klimazonen.

Support

Bibliothek

Am CEN existieren vier Fachbibliotheken: die Bibliothek der Bodenkunde, der Geographie und der Geologie sowie der Bibliotheks- und Informationsservice für Erdsystemforschung, der gemeinsam mit dem benachbarten MPI-M betrieben wird. Zusammen bieten die Bibliotheken einen umfassenden Gesamtbestand zu den verschiedenen Fachgebieten und angrenzenden Wissenschaften. Verschiedenste wissenschaftliche Fachzeitschriften sind hier zugänglich.

Werkstatt

Gemeinsam mit dem MPI-M betreibt das CEN eine feinmechanische Werkstatt. Hier werden spezielle Messgeräte und Apparaturen gefertigt, Standardgeräte angepasst und kleine Reparaturen vorgenommen.

Impressum

Herausgeber

Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN)
Forschungszentrum der Universität Hamburg

CEN Office
Geschäftsführung, Forschungskoordination, Öffentlichkeitsarbeit
Grindelberg 5
20144 Hamburg
Deutschland

Tel.: +49 40 42838-4327, Fax: -4938
cen@uni-hamburg.de
www.cen.uni-hamburg.de
www.twitter.com/CENunihh

Zentrale Adresse der Universität Hamburg

Universität Hamburg
Mittelweg 177
20148 Hamburg
Deutschland
Tel.: +49 40 42838-0, Fax: -9586

Auflage

500

Bildnachweis

Titel: © iStockphoto.com/ D. Barnes © iStockphoto.com/J. Miko © M. Ruhnu; S. 3: © UHH/Pressebild.de/Bertold Fabricius; S. 7: © UHH/CEN/HTP Hidde Timmermann Partnerschaft; S. 8: © DWD, MPI-M, UHH;
S. 9: © UHH/CEN/T. Wasilewski; S. 10: © UHH/CEN/T. Wasilewski; S. 11: © UHH/CEN/T. Wasilewski;
S. 13: © UHH/CEN/T. Wasilewski; S. 15: © iStockphoto.com/Mlenny Photography © UHH/CEN/F. Neigenfind
© UHH/CEN/T. Wasilewski © UHH/CEN/S. Beddig; S. 16: © UHH/CEN/T. Wasilewski; S. 17: © UHH/CEN/F. Brisc;
S. 18: © UHH/CEN/M. Carson et.al 2015; S. 19: © UHH/CEN/B. Ratter; S. 20: © UHH/CEN/J. Hartmann;
S. 21: © UHH/CEN/P. Menzel; S. 22: © A. Damm/PIXELIO; S. 23: © UHH/CEN/T. Wasilewski;
S. 24: © UHH/CEN/T. Wasilewski; S. 25: © UHH/CEN/B. Bechtel; S. 26: © UHH/CEN/T. Wasilewski;
S. 27: © P. Bork/PIXELIO © Hartmut910/PIXELIO © Rainer Sturm/PIXELIO; S. 28: © Flickr/Scott Hadfield CC BY 2.0,
<https://www.flickr.com/photos/hadsie/2758619047/>; S. 29: © UHH/CEN/M. Zapf; S. 30: © 3523Studio/Shotshop.com;
S. 31: © UHH/CEN/J. Schilling; S. 32: © UHH/CEN/T. Wasilewski; S. 33: © W. Münchberger;
S. 34: © UHH/CEN/M. Neuburger © UHH/CEN/W. Huppertz; S. 35: © UHH/ K. Zakšek; S. 36: © UHH/CEN/I. Lange;
S. 37: © Barak Shrama; S. 38: ClISAP/SICSS; S. 39: © UHH/CEN/D. Ausserhofer; S. 40: © UHH/CEN/T. Wasilewski;
S. 41: © UHH/CEN/ICDC; S. 42: © ARD Tagesschau © 3sat nano © SAT.1 PLANETOPIA; S. 43: © UHH/CEN/W. Huppertz;
S. 44: © UHH/CEN/I. Mügler; S. 45: © Longline Environment/R. Gomes Ferreira; S. 46: © MPI-M/J.P. Medallo
© UHH/CEN/F. Brisc (2 + 3 + 4); S. 47: © DKRZ/M. Boettinger; S. 48: © UHH/CEN/I. Lange;
S. 49: © UHH/CEN/D. Ausserhofer

FORSCHUNGSZENTRUM
DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit

CEN Office

Universität Hamburg

Grindelberg 5, 20144 Hamburg

Tel.: +49 40 42838-4327

Fax: +49 40 42838-4938

www.cen.uni-hamburg.de

