



Klima im Fokus

Ein Magazin des Hamburger Exzellenzclusters „Integrated Climate System Analysis and Prediction“ (CliSAP)

Was denken Sie, wenn Sie „Klimawandel“ lesen?

Dass wir die globale Erwärmung nicht aufhalten können? Oder dass der Mensch sich ändern muss, wenn er den Planeten retten will? Vielleicht fragen Sie sich aber auch, woher Forscher eigentlich wissen, wie sich das Klima entwickeln wird.

Vor drei Jahren erhielt die Universität Hamburg zusammen mit ihren Partnern von der Deutschen Forschungsgemeinschaft die Mittel für einen Exzellenzcluster im Bereich Klimaforschung. Beteiligt sind das Max-Planck-Institut für Meteorologie, das Institut für Küstenforschung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht und das Deutsche Klimarechenzentrum. Die Hansestadt ist bereits renommiert für ihre Grundlagenforschung: Hamburger Wissenschaftler haben wichtige Klimamodelle entwickelt, wiesen als erste den Einfluss des Menschen auf das Klima nach und gehören zu den Leitautoren des Weltklimaberichts.

Warum also die zusätzliche Förderung? Der Exzellenzcluster „Integrated Climate System Analysis and Prediction“ (CliSAP) soll die Bedingungen für exzellente Forschung an der Universität und die Kooperation mit außeruniversitären Partnern nachhaltig stärken. So werden derzeit Klimamodelle nicht nur inhaltlich verbessert (Seite 12–17), sondern Hamburger Forscher gehen auch erste Schritte in Richtung kurzfristige dekadische Vorhersagen – Gesellschaft und Politik warten händeringend darauf.

Wir beziehen in unsere Forschung den Faktor Mensch und sein Verhalten mit ein. Werden sich nachhaltige Technologien durchsetzen (Seite 19–21)? Entstehen angesichts der Folgen des Klimawandels zusätzliche Konflikte (Seite 28–31)? Wie verändern Anpassungen in Küstenschutz und Städtebau das Leben der Menschen (Seite 22–27)? Dabei kooperieren Naturwissenschaftler mit Soziologen, Wirtschaftswissenschaftlern und Friedensforschern. Ebenso zeichnet CliSAP aus: Modellierer und Feldforscher arbeiten eng zusammen. Beobachtungsdaten fließen verstärkt in Klimamodelle ein, um diese besser zu überprüfen, aber auch um mit besseren Ausgangswerten genauere Vorhersagen zu liefern.

Mit der Einrichtung neuer Professuren, von Juniorgruppen (Seite 33–35), einem Flexpool, der innovative Ideen fördert (Seite 40–41), und dem Aufbau eines klimawissenschaftlichen Master- und Doktoranden-Programms (Seite 36–39) haben wir in den vergangenen drei Jahren den Boden für exzellente Forschung bereitet. Junge Wissenschaftler treffen auf „alte Hasen“, und sie inspirieren sich gegenseitig. Mit CliSAP ist außerdem der KlimaCampus entstanden, ein Ort fruchtbarer Zusammenarbeit, sodass wir wesentliche neue Erkenntnisse gewinnen konnten – diesen Weg wollen wir in den kommenden Jahren weitergehen.



**Professor Martin Claußen, Sprecher
des Exzellenzclusters CliSAP**

Inhalt



4 Zukunft erfassen

Modellierer und Feldforscher arbeiten bei CliSAP Hand in Hand. Beobachtungsdaten fließen in die Klimamodelle ein, um mit besseren Ausgangsdaten genauere Vorhersagen zu liefern.

5 Wenn das Klima kippt

In klimasensiblen Regionen können kleine Veränderungen große Wirkungen haben

7 Treibhausgase aus dem ewigen Frost

Ein Expeditionsbericht

12 Modelle und Realität

Numerische Klimamodelle bilden den Grundstein für valide Prognosen

16 „Zwei Grad sind ziemlich sicher“

Interview mit Professor Jochem Marotzke vom Max-Planck-Institut für Meteorologie



18 Entwicklungen aufzeigen

Emissionshandel, Stadtklima, politische Konflikte – Hamburger Wissenschaftler untersuchen aus verschiedenen Perspektiven die Risiken und Chancen des Klimawandels.

19 Wohin geht die Reise?

Hohe Erwartungen an den Klimaschutz: Wie Mensch und Politik entscheiden

22 Zwischen Betonwüste und Baumoase

Intelligente Stadtplanung kann lokale Folgen der globalen Erwärmung mildern

28 „Konkurrenz um Wasser und Land“

Ein Gespräch mit dem Physiker und Friedensforscher Professor Jürgen Scheffran

45 Der Exzellenzcluster

CliSAP bündelt und vernetzt die Hamburger Klimawissenschaften – und fördert neue interdisziplinäre Projekte. Zahlen, Daten und Fakten im Überblick

51 Impressum



32 Klimaforschung vorantreiben

Mit seiner interdisziplinären Forschung ist CliSAP ein Magnet für talentierte Wissenschaftler und Studenten aus dem In- und Ausland.

33 Lockruf für kluge Köpfe

Porträt einer Nachwuchsgruppe

36 Neue Generation von Klimaexperten

Internationale Graduiertenschule eröffnet zusätzliche Perspektiven

40 Brückenschlag zwischen den Fächern

Flexible Mittel schaffen Freiräume für Natur-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaftler

42 Heißes Eisen

Beim Klimawandel reden alle mit: Öffentlichkeitsarbeit sucht den Dialog mit Gesellschaft und Politik



zukunft
erfassen

Wenn das Klima kippt

Kleine Veränderung, große Wirkung

Grönland ohne Eis, die Sahara grün und der Golfstrom gestoppt – einige klimasensible Regionen der Erde könnten über kurz oder lang komplett anders aussehen als heute. Allerdings sind sich Forscher bei den Kipp-Punkten des Klimasystems in vielen Fragen noch uneins. Die enge Verzahnung von Feldforschung und Modellen soll mehr Klarheit schaffen.

Im Nordwesten von Grönland ragt die Zunge des Petermann-Gletschers ins Meer hinaus. Seit August 2010 ist diese Eiszunge um einiges kürzer: Vom Gletscher ist ein etwa 260 Quadratkilometer großer Eisberg abgebrochen. Das entspricht etwa der zweieinhalbfachen Fläche der Insel Sylt und ist der größte Eisabbruch in der Arktis seit fast 50 Jahren. Klimawandel im Zeitraffer?

Die globale Erwärmung prägt sich in der Arktis und damit auch in der Region des grönländischen Eisschildes besonders stark aus. Ist eine kritische Schwelle überschritten, kann das Inlandeis plötzlich schnell und sogar vollständig abschmelzen. Der Vorgang ist irreversibel, das heißt, unter den gegebenen Bedingungen entwickelt der Eisschild sich nicht neu. Den Zeitpunkt, an dem ein solch rascher und nicht umkehrbarer Prozess einsetzt, nennen Klimaforscher einen Kipp-Punkt. Bislang unbedeutende Vorgänge werden plötzlich wichtig, weil sie deutlich schneller ablaufen, zum Beispiel das Gleiten großer Gletscher über dem Untergrund. Zusätzlich können Rückkopplungen die Entwicklung beschleunigen, etwa wenn geschmolzenes Eis dunkle Flächen freilegt, die sich schnell erwärmen und das Schmelzen weiter ankurbeln.

Das Überschreiten eines Kipp-Punktes könnte außerdem weitere Systeme destabilisieren und Klimaprozesse auch in anderen Regionen verändern.

Doch wie wahrscheinlich ist das alles? Während Klimaforscher davon ausgehen, dass bei weiterhin steigenden Temperaturen das Grönlandeis unter Umständen rasch abschmilzt, sind sie sich bei anderen Regionen, die „umkippen“ könnten weniger sicher – etwa bei der Sahara oder den Permafrostgebieten. Wird die Sahara grüner oder dehnt sich die Wüste aus? Geschieht dies abrupt oder allmählich? Wie rasch können Permafrostböden auftauen und den darin gespeicherten Kohlenstoff freigeben? „Unsere Modelle geben die globale Klimadynamik gut wieder. Bei den Kipp-Punkten bleiben aber viele Fragen offen, da deren Dynamik oft von kleinräumigen, lokalen Gegebenheiten abhängt“, sagt Professor Martin Claußen. Als Meteorologe beschäftigt ihn insbesondere die Wechselwirkung zwischen Landoberfläche und Atmosphäre. Um die komplexen Prozesse besser zu verstehen, bündeln Modellierer und Feldforscher jetzt ihr Know-how.

„Wir brauchen außerdem einen Abgleich mit der Realität. So zeigen unsere Erfahrungen vor Ort, dass schon

kleine Veränderungen große Effekte haben können“, sagt Juniorprofessor Lars Kutzbach, der in der sibirischen Arktis Permafrostböden untersucht. Ein Beispiel: Die Tundra ist großflächig von Moosen bedeckt. Je nachdem, wie dick und feucht diese Schicht ist und welche Arten dort wachsen, isoliert die Moosdecke den darunter liegenden Permafrost gegenüber der atmosphärischen Erwärmung mehr oder weniger stark.

Wie solche Details in globale Modelle eingebaut werden können, damit beschäftigen sich mehrere Arbeits-

gruppen am KlimaCampus. Die Modellierer der CiSAP-Plattform P2 um Professor Klaus Fraedrich entwickeln ein Modell zur Beschreibung von Permafrost. Die Arbeitsgruppen von Dr. Stefan Hagemann und Dr. Victor Brovkin vom Max-Planck-Institut für Meteorologie arbeiten an Modellen zum Entstehen von Feuchtgebieten und Permafrost und deren Auswirkung auf den Wasser- und Kohlenstoffkreislauf. Kutzbachs Felddaten liefern dafür wertvolle Hinweise – und sie helfen, die Rechenergebnisse der Klimamodelle zu überprüfen.



CiSAP erforscht mögliche Kipp-Punkte

Arktisches Meereis

Mit dem starken Rückgang des arktischen Meereises im Sommer stieg in den vergangenen Jahren die Sorge, dass hier bald ein Kipp-Punkt überschritten sein könnte. Das erscheint plausibel: Durch die Eisschmelze entstehen große, dunkle Wasserflächen, die sehr viel mehr Licht und Wärme aufnehmen als eine geschlossene Eisdecke. In der Folge schmilzt das Eis immer schneller. Jüngste Modellrechnungen am Max-Planck-Institut für Meteorologie zeigen jedoch: Möglicherweise gibt es einen solchen Kipp-Punkt gar nicht. Denn die Eisbede-

ckung nahm in den Simulationen innerhalb von drei Jahren wieder zu, auch wenn das Meer zuvor völlig eisfrei gewesen war. Das Meereis ist demnach eng an die jeweils aktuellen Bedingungen gekoppelt, sodass eine geringere globale Erwärmung den Verlust des Meereises verlangsamen oder gar noch stoppen könnte.

Golfstrom

Der Golfstrom bringt nicht nur dringend benötigte Wärme nach Europa, er treibt auch als Teilströmung der sogenannten thermohalinen Zirkulation den weltweiten Wärmetransport an. Strömt jedoch mehr Süßwasser aus Flüssen oder von abschmelzenden Gletschern in den Nordatlantik oder erwärmt sich das Meerwasser, könnten die Strömungen in der Tiefe des Nordatlantiks zum Erliegen kommen und das weltweite Temperaturgefüge geriete ins Wanken. Hamburger Forscher haben jedoch in Modellrechnungen gezeigt, dass sich der Golfstrom trotz abschmelzenden Grönland-eises im 21. Jahrhundert wahrscheinlich abschwächen, aber nicht abreißen wird.

Sahara und Westafrikanischer Monsun

Was die globale Erwärmung für die Sahara und den Sahel bedeutet, darüber sind sich Forscher noch uneins. Sicher ist: In einem wärmeren Klima kann die Atmosphäre mehr Wasserdampf aufnehmen. Zusätzlich verstärkt sich bei einer raschen Erwärmung über Nordafrika der sommerliche Temperaturunterschied zwischen Ozean und Atmosphäre. Dies kann zu einem stärkeren und regenreicheren Sommermonsun über Westafrika führen. Andere Prozesse können bewirken, dass der Regen weniger weit ins Landesinnere Nordafrikas gelangt. Außerdem kann sich der Charakter des Monsuns ändern: stärkerer Niederschlag mit längeren Dürreperioden zwischen den Regenereignissen. Hamburger Forscher analysieren mit ihren Modellen die komplexe Dynamik der Wüstenentwicklung. Sie konnten zeigen, dass in der Erdgeschichte zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Regionen offenbar Kipp-Punkte auftraten. Das heißt in diesem Fall: abrupte Änderung der Vegetation und des Niederschlags. Geologische Befunde scheinen dies zu bestätigen.



Treibhausgase aus dem ewigen Frost

Im Zuge der globalen Erwärmung könnten kohlenstoffreiche Permafrostböden auftauen. Um diesen Kipp-Punkt des Klimasystems genauer unter die Lupe zu nehmen, wagten sich Hamburger Klimawissenschaftler in die sibirische Arktis. Sie forschten dort unter den Extrembedingungen eines mückenreichen Tundrasommers und des arktischen Winters. Ein Expeditionsbericht

Der Blick nach unten offenbart eine einzigartige Landschaft: Fast kunstvoll überzieht ein Netz von kleinen Seen die sibirische Tundra. Im Sommer steht das Schmelzwasser in diesen Eispolygonen, und der Permafrostboden taut. Das treibt deutsche und russische Klimaforscher ins Lena-Delta. Dicht gedrängt und müde sitzen sie im

Helikopter auf ihren Kisten. Acht Tonnen Fracht mit Messgeräten, Windgeneratoren, Probenflaschen, Gepäck und Proviant haben sie vergangene Nacht in Tiksi verladen – die alte Garnisonsstadt, bereits unendlich weit entfernt von Moskau, ist Ausgangspunkt von „LENA 2010“. Die Universität Hamburg bestreitet diese Expedition gemeinsam mit dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) in Bremerhaven, dem Arctic and Antarctic Research Centre in St. Petersburg und dem Permafrost Institute in Jakutsk. Professorin Eva-Maria Pfeiffer, die seit 1992 die deutsch-russische Forschung im Bereich Permafrost vorantreibt, hält derweil am Institut für Bodenkunde des KlimaCampus in Hamburg die Stellung.

Nach 45 Minuten Flugzeit erreichen die Wissenschaftler aus Hamburg, Köln



Gute Partnerschaft: Deutsche und russische Klimawissenschaftler forschen auf der Insel Samoylov im Lena-Delta.

und Potsdam gemeinsam mit ihren russischen Kollegen die Insel Samoylov. Die warmen Julitemperaturen von über 20 Grad Celsius lassen die Forscher fast daran zweifeln, im Polargebiet gelandet zu sein. Inmitten sommerlicher Blütenpracht steht die Forschungsstation, die vom AWI gemeinsam mit den russischen Partnern betrieben wird. Seit zwölf Jahren erkunden hier Geografen, Mikrobiologen und Bodenkundler die Bedeutung des arktischen Permafrosts für



In landestypischer Teerunde diskutiert der russische Premierminister Vladimir Putin mit den Klimaforschern über ihre Arbeit.

den Klimawandel. Durch ein verstärktes Auftauen der gefrorenen Moorböden könnten große Mengen der Treibhausgase CO₂ und Methan freigesetzt werden.

Etwa 20 Wissenschaftler verbringen den Sommer hier. Es ist eng im Haus, am Esstisch, in den Laboren. Die Hamburger CliSAP-Forscher vom Institut für Bodenkunde werden in diesem Jahr sogar bis in den arktischen Winter hinein auf Samoylov bleiben, um die Kohlenstoffflüsse auch im durchgefrorenen Boden zu untersuchen. Doch zunächst gilt es, Messgeräte aufzubauen und die halbe Insel zu verkabeln. Ingenieur Christian Wille und Doktorand Peter Schreiber rüsten einen zehn Meter hohen mikrometeorologischen Messturm mit drei weiteren Gassensoren auf. Er soll die Energie-, Wasser-, CO₂- und Methanflüsse zwischen der polygonalen Tundra und der Atmosphäre messen. Außerdem sichern sie mit einem Generator und Akkumulatoren die Energieversorgung. Inken Preuss

baut sich Holzstege, damit sie bei ihren Polygonuntersuchungen halbwegs festen Boden unter den Füßen hat und die Versuchsflächen nicht stört. Außerdem muss die Doktorandin die Messgeräte testen und ein Langzeitexperiment starten.

Hoher Besuch im hohen Norden

Mitte August: der erste Stabwechsel. Viele Wissenschaftler reisen wieder gen Heimat, eine neue Besatzung kommt. Die Tundra mutet spätsommerlich, fast schon leicht herbstlich an, das Blütenmeer ist einem gleichmäßigen Grün gewichen. Die Arbeitstage der Wissenschaftler sind lang. Um acht Uhr gibt es Frühstück. Danach bereitet jeder seine Experimente für den Tag vor und zieht ins Feld. Inken Preuss sitzt oft lange allein an den Polygonen, denn ihre Emissionsmessungen dauern viele Stunden. Manchmal leistet ihr eine

Familie neugieriger Polarfüchse Gesellschaft. Mit einer neuen Methode will die Doktorandin den Umsatz von Methan in arktischen Feuchtgebieten in Abhängigkeit vom Wasserstand untersuchen.

Am Abend treffen sich die Forscher wieder in der Station. Dort müssen zunächst die Proben verstaut und die Akkus aufgeladen werden, denn nachts schläft auch der Generator. Für das leibliche Wohl sorgt eine Köchin aus Tiksi mit guter und deftiger russischer Küche. Es gibt viel Fleisch, Fisch und Knoblauch. Küchendienst und Holzhacken gehören auch zu den Aufgaben der Forscher. Nur zweimal in der Woche wird die Banja angeworfen, die russische Sauna und einzige Gelegenheit für eine warme Dusche. Abends sitzen deutsche und russische Wissenschaftler oft noch lange zusammen, spielen Karten, trinken ein Glas Wein und singen russische Lieder. Denn richtig Nacht wird es eigentlich nie – im Polarsommer strahlt die Sonne rund um die Uhr vom Himmel.

Seit einigen Tagen regt sich etwas auf der sonst einsamen Nachbarinsel. Es werden Zelte aufgebaut, man munkelt über ein Camp für den russischen Premierminister. Dann herrscht Gewissheit: Vladimir Putin besucht die Lena-Delta. Seine PR-Agenten verlegen die klimawissenschaftliche Exkursion jedoch wenig später kurzerhand nach Samoylov. Am 23. August steigen aus sechs Helikoptern der russische Premier, etwa zehn Begleitpersonen sowie jede Menge Kameraleute, die Putins Besuch zu einem Medienereignis stilisieren. Die Wissenschaftler erläutern dem prominenten Gast ihre Arbeit. Zusammen mit Inken Preuss misst Putin die CO₂-Kon-

zentration in einem Polygon. Nach zwei Stunden ist der Zauber vorbei und das Geschwader fliegt wieder davon.

Es beginnen die Abschlussarbeiten des zweiten Expeditionsabschnitts: Peter Schreiber bereitet den Messturm für seine Winterkampagne vor. Zwei große Windgeneratoren sind defekt, und er muss eine neue Energieversorgung für die Geräte aufbauen. Doktorand Sebastian Zubrzycki beendet seine Untersuchung auf der Insel Kurungnakh. Dort hat er den Wasserabfluss aus einer großen Thermokarstsenke gemessen und unerwartet hohe Kohlenstoffabflussmengen errechnet. Im Feldlabor streikt plötzlich der Gaschromatograf.



Doktorandin Inken Preuss misst die Methan- und Kohlendioxid-Emissionen an der Bodenoberfläche.





Klirrende Kälte: Bei minus 30 Grad Celsius untersucht Doktorand Peter Schreiber den gefrorenen Boden.

gehend braun und die Tage der langen Schatten haben begonnen: Die Sonne steigt mittags maximal im 18-Grad-Winkel über den Horizont, um abends in kräftigem Rot dahinter zu verschwinden. Nachts funkeln die Sterne am oft klaren Himmel, und die ersten Polarlichter zeigen sich. Die Temperaturen bleiben jetzt einstellig und nähern sich nachts dem Gefrierpunkt. Erste Schneeflocken tanzen auf die Erde.

In diesem Jahr ist der Boden 58 Zentimeter tief aufgetaut – der höchste Wert seit Beginn der Messungen im Jahr 2002. Lars Kutzbach misst weiter die Energie-, Wasser-, CO₂- und Methanflüsse zwischen Tundra und Atmosphäre. Weltweit gibt es fast nur Daten aus den Sommermonaten. Denn bislang ging man davon aus, dass die

Aber für alles gibt es einen Plan B: Inken Preuss sichert die wertvollen Gasproben für den Transport nach Deutschland. Am Institut für Bodenkunde wird sie die notwendigen Methananalysen später nachholen.

Dann wird es ruhig auf Samoylov. Das Team besteht noch aus der russischen Doktorandin Julia Antsibor, die wie die anderen Jungforscher Mitglied der CliSAP-Graduiertenschule „School

of Integrated Climate System Sciences“ ist, und dem CliSAP-Juniorprofessor Lars Kutzbach. Zwei russische Ranger

Größte Auftautiefe seit Jahren

vom Lena-Delta-Reservat begleiten die Wissenschaftler durch den arktischen Herbst. Die Tundra zeigt sich nun durch-

Sibirischer Permafrost recht stabil

Etwa ein Viertel der Landmasse der nördlichen Hemisphäre ist dauerhaft gefroren. Diese sogenannten Permafrostböden sind seit Tausenden von Jahren gigantische Kohlenstoffspeicher. In ihnen schlummern 1700 Gigatonnen Kohlenstoff. Zum Vergleich: In der gesamten Vegetation sind weltweit nur etwa 700 Gigatonnen Kohlenstoff gebunden. Taut der Permafrost durch die globale Erwärmung immer weiter auf, werden große Mengen des Bodenkohlenstoffs zu CO₂ und Methan abgebaut und in die Atmosphäre entlassen – aus der Kohlenstoffsänke wird eine Kohlenstoffquelle.

Ob und wann der Permafrost umkippt, ist unklar. In Sibirien reicht er bis in mehr als 1200 Meter Tiefe und ist mit einer Jahresmitteltemperatur von minus zehn Grad Celsius recht stabil. Vergleichsweise warm ist der weniger mächtige Permafrost in Alaska. Hier liegt die Bodentemperatur in vielen Gebieten über größere Tiefen nahe null Grad Celsius. Bei zunehmender Erwärmung des Bodens könnte dieser relativ schnell tauen. Jedoch müssen auch negative, also die Erwärmung des Permafrosts und die Kohlenstofffreisetzung dämpfende, Rückkopplungen berücksichtigt werden. Ein warmer Boden nimmt weniger Wärme aus der Atmosphäre auf und verliert in kalten Nächten verstärkt Wärme. Zudem könnten in der jetzigen Tundra neue Vegetationsformen und damit neue Kohlenstoffspeicher entstehen, wie Taiga-Moore und boreale Wälder.



sibirische Tundra im Herbst und Winter praktisch keine klimarelevanten Spurengase freisetzt. Doch Kutzbachs Messungen zeigen etwas anderes: Pro Tag entweichen dem gefrierenden Boden pro Quadratmeter noch immer beachtliche 0,5 Liter CO₂ und 23 Milliliter Methan. In der Jahresbilanz spielt die Winterperiode also wahrscheinlich eine große Rolle. Zurück in Hamburg will Kutzbach seine Messdaten mit Daten aus Klimamodellen vergleichen.

Inzwischen hat im Lena-Delta der Winter begonnen. Die Tundra ist weiß. Ende September klettert das Thermometer nur noch auf minus acht Grad Celsius. Der Banja-See trägt bereits eine acht Zentimeter dicke Eisschicht, sodass Trink- und Waschwasser nur noch mithilfe einer Eisbrechstange gewonnen werden können. Zeit zum Aufbruch. Das Flussschiff „405“ bringt die beiden Forscher von der Insel zurück nach Tiksi.

Der Boden atmet weiter

Anfang Oktober: Das Flussschiff „405“ kämpft sich durch die ersten Eisschollen noch einmal nach Samoylov zurück. An Bord sind Peter Schreiber und zwei Inspektoren des Lena-Delta-Reservats, die den letzten und härtesten Teil der Expedition bestreiten. Schreiber interessiert nun die Periode bis zum kompletten Einfrieren des Bodens im November. Außerdem muss er die hochspezialisierten Geräte des Messturms für den harten Wiedereinsatz vorbereiten.

Es ist ruhig, weiß und kalt auf der Insel. Nachts zeigt das Thermometer minus 15 Grad Celsius an, tagsüber nur wenig mehr. Der Ofen in der Station frisst einen Holz Scheit nach dem anderen. Damit möglichst wenig eisi-



Unter den extremen Temperaturbedingungen des sibirischen Winters bilden sich Risse im Permafrostboden. Diese füllen sich im Frühjahr mit Tauwasser, das in den tieferen, kälteren

Bodenschichten ausfriert. Durch alljährliche Wiederholung dieses Prozesses über Jahrhunderte entstehen Netze sogenannter Eiskeilpolygone.

ge Luft eindringt, werden die Fenster abgedichtet. Im winterlichen Sibirien verbringen die Stationsbewohner viel Zeit mit der Organisation des täglichen Lebens, wie Holz sammeln und Trinkwasser besorgen. Der Winter fordert auch die Technik heraus: Plötzlich verstummt der Generator. Glücklicherweise springt das im Sommer installierte Notenergiesystem ein und verhindert einen Datenausfall. Immer öfter und stärker fegen arktische Stürme übers Land. Einige der Gasanalysatoren saugen die dabei aufgewirbelten Sedimente ein, sodass Peter Schreiber einige Messgeräte nun fast täglich reinigen muss.

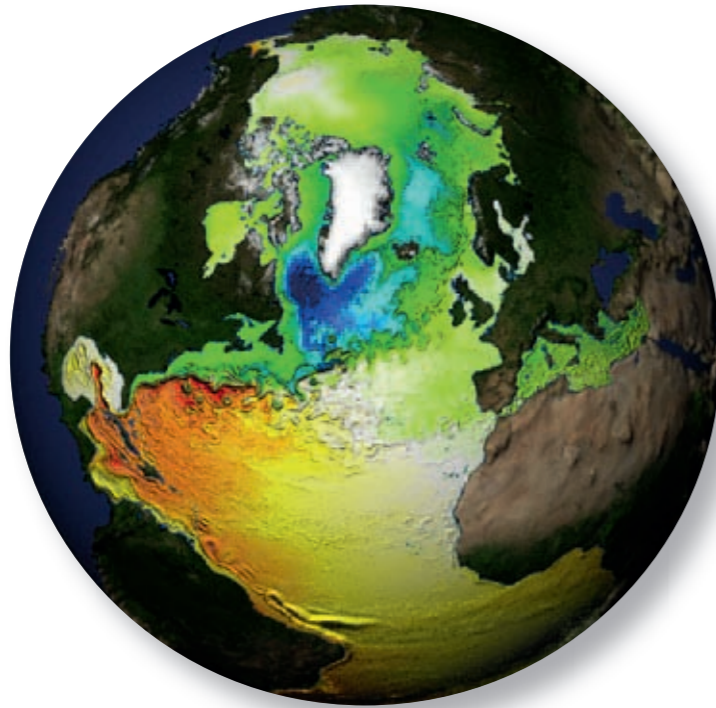
Langsam friert der Boden durch. Um die Dicke der noch nicht gefrorenen mittleren Schicht zu messen, muss der Doktorand durch die bereits gefrorene obere Schicht bohren. Ein Knochenjob, denn es sind 150 Messpunkte. Ende Oktober sind knapp 30 Zentimeter des Bodens noch nicht erstarrt. Und

Schreiber verzeichnet weiter deutliche Methan- und CO₂-Emissionen.

Anfang November wird es richtig ungemütlich im Lena-Delta. Die Temperatur sinkt zeitweise unter minus 30 Grad Celsius. Besonders hart schlägt die Kälte bei der Gerätewartung zu, sodass selbst Hartgesottene wie Schreiber Gesichtsmaske, dicke Handschuhe und besonders gut isolierende Kleidung tragen. Der Sonnenstand kündigt den Polarwinter an: Gerade einmal vier Grad kriecht die Sonne über den Horizont, um nach wenigen Stunden wieder zu verschwinden. In zwei Wochen ist hier ewige Nacht. Peter Schreiber kalibriert noch einmal die Gasanalysatoren und nimmt letzte Messungen: Der Boden atmet noch immer. Dann bringt ihn der Helikopter zurück in die Zivilisation. Zurück am KlimaCampus, beginnt dann später die eigentliche Arbeit – die Analyse, Interpretation und Modellierung der Daten.

Modelle und Realität

Lässt sich Klima sicher vorhersagen?



Seit rund 40 Jahren stecken Wissenschaftler ihre Energie in numerische Klimamodelle. Der Grundstein für valide Prognosen ist gelegt. Dennoch bleiben viele offene Fragen, die Klimaforscher noch Jahrzehnte beschäftigen werden – auch am Hamburger KlimaCampus.

Die Pullover unserer Urenkel müssen wohl nicht mehr so dick sein, stattdessen werden sie öfter Gummistiefel benötigen. Denn im Jahr 2100 ist es auf der Erde mindestens zwei Grad wärmer, schätzen Klimaforscher. In manchen Regionen könnte es außerdem in Zukunft häufiger stark regnen. Alles hausgemacht durch steigende CO₂-Emissionen. Aber woher wissen Klimaforscher das?

Klimamodelle geben Wissenschaftlern eine Vorstellung von den Prozessen, die das Klima bestimmen. Sie simulieren Stoff- und Energieflüsse in Atmosphäre, Ozean sowie auf der Landoberfläche und erzeugen so ein vergrößertes Abbild der Realität. Die Modelle teilen die Erde dafür in

dreidimensionale Gitterboxen ein – je kleiner deren Kantenlänge, desto höher die Auflösung und desto genauer das Modell.

An jedem Eckpunkt einer Gitterbox wird eine auf den physikalischen Grundgesetzen basierende mathematische Gleichung gelöst, um dort die verschiedenen Klimafaktoren zu bestimmen. Viele Prozesse jedoch, wie etwa Wirbelstürme oder die Bildung von Regentropfen und Wolken, sind so kleinräumig, dass sie quasi durch die Maschen des Gitternetzes fallen. „Auch verstehen wir die Physik dahinter noch nicht so gut, sodass wir Annäherungen verwenden müssen“, sagt Professor Jochem Marotzke, Direktor

Szenarien, Projektionen, Vorhersagen – was bringt welche Erkenntnis?

Der Weltklimarat (IPCC) beschreibt in verschiedenen **Szenarien** die potenziellen Treibhausgas-Emissionen bis zum Jahr 2100 – je nachdem, wohin sich die Gesellschaft entwickeln wird. Setzt sie auf starkes Wirtschaftswachstum oder auf Nachhaltigkeit und saubere Technologien? Wird sie eher global oder regional agieren? Da die Entwicklung der Menschheit nicht vorhersagbar ist, lassen sich nur Annahmen formulieren, aus denen die künftigen Emissionen berechnet werden. Die Frage, welches Szenario wahrscheinlicher ist, bleibt offen.

Die Szenarien finden Eingang in **Klimaprojektionen**. Diese beruhen

auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten, nach denen sich die globale Temperatur abhängig von den CO₂-Emissionen entwickelt. Ausgangspunkt ist dabei die vorindustrielle CO₂-Konzentration im Jahr 1850. Dazu kommt die beobachtete Entwicklung der CO₂-Emissionen in den vergangenen Jahrzehnten. Ab der Gegenwart fließen dann die Emissionen von CO₂ und anderen Treibhausgasen aus den Szenarien ein und das Modell rechnet 100 Jahre in die Zukunft.

Vorhersagen dagegen beschreiben nur kurzfristige Entwicklungen von bis zu zehn Jahren. Die Simulation startet dafür aus dem beobachteten Klima der

vergangenen Jahre heraus – so nah wie möglich an der Gegenwart. Denn Veränderungen entstehen nicht nur aufgrund steigender CO₂-Konzentrationen, sondern das Klima unterliegt auch natürlichen Schwankungen, deren Verlauf eine solche zeitnahe Vorhersage ebenso erfasst. So hat sich die sehr rasche Erwärmung während der vergangenen zehn Jahre etwas abgeschwächt. Klimaforscher vermuten, dass eine natürliche Abkühlung die anthropogen bedingte Erwärmung kompensiert hat. Nun ist die Frage: Wann ist dieser natürliche Puffer verbraucht?

des Max-Planck-Instituts für Meteorologie. „In diesen Parametrisierungen steckt die Hauptunsicherheit der Klimamodelle.“

Wissenschaftler am KlimaCampus haben eine ganze Reihe von Modellen für den Ozean, die Atmosphäre und das ganze Erdsystem mit ergänzenden Komponenten wie Eis oder Boden entwickelt. Je nach räumlicher und zeitlicher Auflösung eines Modells kann das globale, regionale oder städtische Klima betrachtet werden – in naher oder ferner Zukunft.

Im Gegensatz zu kurzfristigen Wettervorhersagen hängt das Ergebnis einer Klimasimulation weniger vom Anfangszustand ab als vielmehr von den laufenden Randbedingungen. Wie verändert sich zum Beispiel die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre, die Solarstrahlung oder die Beschaffenheit der Erdoberfläche? Um den Anfangszustand zu rekonstruieren, also das Klima vergangener Jahrhunderte und Jahrtausende, bedienen sich die Forscher sogenannter Stellvertreterdaten aus Baum-

ringen, Sediment- und Eisbohrkernen. Mit Hilfe aktueller Satelliten-, Feld- und Labordaten werden dann später die Ergebnisse der Klimamodelle überprüft.

Klima der vergangenen 1200 Jahre simuliert

In einem „Millenniumslauf“ hat ein Forscherteam vom Max-Planck-Institut für Meteorologie die vergangenen 1200 Jahre simuliert. In einem Ensemble von acht Läufen untersuchten sie dabei weltweit erstmals das Zusammenspiel natürlicher Klimaschwankungen – sowohl stetige als auch zeitlich begrenzte durch Vulkanausbrüche oder Variationen der Sonneneinstrahlung – mit dem Kohlenstoffkreislauf aus Ozean, Land und Atmosphäre. Das übereinstimmende Ergebnis: Durch alle Schwankungen der vergangenen 1200 Jahre hindurch gab es keine Phase, in der die Erwärmung so dominiert hat wie im 20. Jahrhundert.

Im Gegensatz zu kurzfristigen Wettervorhersagen hängt das Ergebnis einer Klimasimulation weniger vom Anfangszustand ab, als vielmehr von den laufenden Randbedingungen



Hilfreiche Zeugen: Um das Klima vergangener Jahrhunderte und Jahrtausende zu rekonstruieren, bedienen sich die Forscher sogenannter Stellvertreterdaten, beispielsweise aus Eisbohrkernen und Baumringen.

Solche langen und komplexen Simulationen verschlingen riesige Rechnerkapazitäten. Seit Dezember 2009 steht am Deutschen Klimarechenzentrum Hamburg ein neuer Supercomputer – einer der modernsten weltweit. Mit mehr als 8000 Prozessoren und einer Spitzenleistung von mehr als 150 Billionen Rechenschritten pro Sekunde beschleunigt „Blizzard“ den Rechenprozess enorm. Dauerte ein Millenniumslauf vorher etwa 100 Tage, benötigt Blizzard dafür heute nur noch 40 Tage. Der neue Rechner soll es außerdem ermöglichen, die Auflösung zu verbessern. „So können wir nicht nur Wetterstörungen erfassen, sondern auch sekundäre Prozesse wie Konvektionsströmungen und Fronten“, sagt Professor Klaus Fraedrich, der den CliSAP-Forschungsbereich „Klimavariabilität“ koordiniert.

Regionale Vorhersagen sind ein heißes Pflaster

Höhere Auflösungen ermöglichen außerdem ein weiteres Vordringen in die regionalen, saisonalen und dekadischen Vorhersagen. Obwohl der Wunsch nach solchen Vorhersagen groß ist, ist dieses Feld noch wenig bestellt. „Regionale Vorhersagen sind ein heißes Pflaster. Ein Gitterpunkt im Modell lässt sich nicht mit einer Messstation gleichsetzen“, sagt Fraedrich. „Außerdem müssen wir mehr die oberen Schichten der Atmosphäre und vertikale Luftströmungen untersuchen.“ Und schließlich müssten Regionen identifiziert werden, für die sich längere Vorhersagen überhaupt lohnen. Klaus Fraedrich geht es um Grundlagenwissen: „In unseren Modellen entstehen überdurchschnittliche Niederschlagsperioden oder extreme Trockenheiten nicht immer aus den gleichen Gründen wie in der Natur. Dieses Rätsel müssen wir lösen.“

Nicht jedes extreme Wetterereignis signalisiert eine Klimaveränderung. Dennoch könnte es künftig auch in Deutschland mehr Überflutungen und Hochwasser aufgrund von Starkregen geben. Um solche Ereignisse beherrschen zu können, müssen die hydrologischen Prozesse noch besser untersucht werden.



Ohnehin genügt es nicht vorherzusagen, wo und wann beispielsweise ein starkes Regengebiet auftaucht. „Um Überflutungen und Hochwasser künftig besser beherrschen zu können“, sagt Jochem Marotzke, „muss auch untersucht werden, wo der Regen hinzieht, wo das Wasser abfließt und warum welche Flüsse überlaufen.“ Hier mündet die Wettervorhersage in eine Erdsystemvorhersage. Und hier verschwimmt auch die Grenze zwischen Wetter und Klima. „Das Entscheidende ist jedoch, dass sich Extremereignisse bestenfalls zwei Wochen vorhersagen lassen. Darüber hinaus können nur Tendenzen vorhergesagt werden.“

Einen Ansatz für die Vorhersage von Hitzewellen hat derweil die Arbeitsgruppe von Dr. Alexander Löw, Leiter der CliSAP-Juniorgruppe „Terrestrische Fernerkundung“, entwickelt. Anhand von Satellitendaten zum bodennahen Klima rekonstruierten die Klimaforscher den Rekordsommer 2003. Die stark verringerte Bodenfeuchte im Frühjahr 2003 war demnach ein Indiz für diese Hitzewelle, da sich die Luft bei trockenem Boden stärker aufheizt. Bindet man solche Daten künftig in die Vorhersagemodelle ein, lassen sich Hitzeperioden besser vorhersagen.



„Zwei Grad sind ziemlich sicher“

In den Klimamodellen steckt noch viel Potenzial. Fragen an Professor Jochem Marotzke, Direktor am Max-Planck-Institut für Meteorologie, welche Erkenntnisse die Klimaforschung in den nächsten Jahren erwartet

Wir wissen etwa, was die Menschen in 100 Jahren erwartet. Aber die saisonale und dekadische Vorhersage steckt noch in den Kinderschuhen. Warum?

Bei diesen vergleichsweise kurzfristigen Vorhersagen kommt es sehr auf die Strömungen im Ozean an, der aufgrund seiner langsamen Zirkulation ein langes Gedächtnis hat. Das heißt, die Information darüber, ob beispielsweise die nächsten fünf Jahre wärmer oder käl-

ter sein werden, ist bereits heute im Ozean gespeichert. Allerdings haben wir nicht genügend Ozeanbeobachtungen, die wir als Ausgangslage in Klimamodelle einspeisen könnten, um die Entwicklung vorzuberechnen. Zudem hapert es noch bei den mathematischen Methoden, die Beobachtungsdaten mit dem Ozeanmodell zusammenzubringen.

Liegt darin die Zukunft der Klimamodellierung?

Das Verknüpfen von Beobachtungen und Modellen ist eine wesentliche Herausforderung. Es gibt aber noch andere Knackpunkte. Seit 30 Jahren wissen wir, dass die Hauptunsicherheit bei den Klimaprognosen in der Berechnung von

Wolken liegt – und noch immer sind wir einer Lösung kaum näher gekommen. Gleichzeitig stehen wir vor einem gewaltigen technischen Problem: Die Leistungsfähigkeit der Klimarechner lässt sich nur mit mehr Prozessoren steigern. Wie man aber Tausende bis Millionen Prozessoren gleichzeitig, effektiv und Strom sparend nutzen kann, ist eine Wissenschaft für sich. Außerdem müssen wir weitere Komponenten in die Klimamodellierung einbauen, vor allem den Kohlenstoffkreislauf. Um Rückkopplungen zu verstehen, muss das Wechselspiel zwischen Physik und Biogeochemie im Klimasystem detaillierter dargestellt werden.

Wie viel zusätzliche Erkenntnis bringen immer detailliertere Modelle?

Für alles, was wir in hoher zeitlicher

ECHAM, ICON, SAM & Co.

Wissenschaftler begleiten die Entwicklung eines Klimamodells oft über mehrere Jahre. Kein Wunder, dass viele „ihrem“ Modell einen ganz eigenen Namen geben.

ECHAM, MPI-OM und JSBACH bilden das Grundgerüst des heutigen Klimamodells, wie es auch für die IPCC-Berechnungen benutzt wird. Seit gut 20 Jahren simuliert ECHAM die atmosphärische Zirkulation, mittlerweile in der sechsten Generation (ECHAM6). MPI-OM beschreibt die Prozesse im Ozean und Meereis, JSBACH fokussiert auf die Landoberfläche und die Vegetation. Die Kopplung aller drei Modelle ergibt dann ein umfassendes Bild vom Klimageschehen.

ICON wird derzeit vom Max-Planck-Institut für Meteorologie gemeinsam mit dem Deutschen Wetterdienst entwickelt und läutet eine neue Ära der Klimamodellierung ein. In diesem Erdsystemmodell werden erstmals Ozean und Atmosphäre im gleichen Dreiecksgitter betrachtet, das sich nach Bedarf lokal verfeinern lässt. Die Forscher versprechen sich



davon einen erheblichen Effizienzgewinn.

Mit dem **GECCO System** werden am Institut für Meereskunde Ozeanbeobachtungen in Klimamodelle integriert. Es wurde am MIT mit Mitgliedern des KlimaCampus entwickelt und liefert Informationen zu globalen Meeresströmungen. Die Methodik soll in naher Zukunft für gekoppelte Modelle verwendet werden.

Der **Planet Simulator** ist das Flaggschiff des Instituts für Meteorologie. Mit ihm können Wissenschaftler und Studenten weltweit der Physik des Klimawandels auf den Grund gehen: Was passiert, wenn große Eisflächen schmelzen oder die Erde durch Entwaldung immer mehr Wärme

speichert? Mit sehr langen Modellläufen lassen sich auch Grundsatzfragen untersuchen: Wie gut ist das Gedächtnis unseres Erdsystems? In das Modell werden Parameter wie Temperatur, CO₂-Konzentration oder die Solarkonstante eingegeben. Ozean, Eis oder Vegetation lassen sich als Komponenten modular dazu schalten. Bei einer Auflösung von 500 x 500 Kilometern kann der Planet Simulator 400 Jahre an einem Tag simulieren – mit einem normalen Rechner.

PUMA und SAM sind vereinfachte Atmosphärenmodelle für Forschung und Lehre. PUMA beschränkt sich auf den dynamischen Kern der Atmosphäre: Wind, Luftdruck und Temperatur. An einem Tag kann das Modell 20 000 Jahre rechnen. Außerdem dient PUMA als Experimentierfeld für dynamische Prozesse: Wie ändert sich beispielsweise die Luftströmung an einem Berg? SAM dagegen ist ein stark vereinfachtes Modell, das Luft-, Temperatur- und Druckwellen in einer einzigen Schicht untersucht. Ziel ist es zu verstehen, wie solche Wellen miteinander wechselwirken.



Große Unsicherheit liegt in den Wolken, denn sie wärmen und kühlen die Atmosphäre.

und räumlicher Auflösung erfassen können, kennen wir die physikalischen Grundgleichungen sehr genau. Damit steht eine Simulation auf sicherem Boden. Was wir nicht detailliert erfassen können, müssen wir parametrisieren, also ein Stück weit vereinfachen – darin stecken dann natürlich Unsicherheiten. Allerdings ist der Erkenntnisgewinn aus nur einer Simulation ohnehin begrenzt. Deshalb führen wir Ensembles von Simulationen durch, jeweils mit leicht veränderten Parametern. Ob die Ressourcen in eine höhere Auflösung oder besser in ein größeres Ensemble gesteckt werden sollten, ist im Einzelfall schwierig abzuwägen. Noch ist nicht absehbar, woher die Hauptinformation kommen wird.

Die numerischen Modelle sind sehr aufwändig. Geht es nicht auch mit einfachen statistischen Methoden? Nein. Statistische Vorhersagen schrei-

ben lediglich die Vergangenheit fort. Sie basieren darauf, dass sich die Zusammenhänge nicht ändern werden. Darauf können wir uns aber nicht verlassen. Unsere numerischen Modelle zeigen, dass solche Beziehungen keineswegs konstant bleiben und bereiten uns, bei aller Unsicherheit, doch auf Überraschungen vor.

Klimamodelle sagen weltweit zwei bis viereinhalb Grad Erwärmung bis zum Jahr 2100 vorher. Wie belastbar sind die Prognosen?

Entscheidend ist, welcher Anteil der Erwärmung wo seine Ursache hat. Eine Verdoppelung des CO₂-Gehalts in der Atmosphäre verstärkt den Treibhauseffekt. Das ist völlig unstrittig und im Labor nachgewiesen worden. Umgerechnet in globale Erwärmung ergibt das einen Temperaturanstieg von einem Grad Celsius. Ziemlich sicher ist ein weiterer Grad plus, weil wärmere

Luft mehr Wasserdampf aufnimmt. Das erhöht den Treibhauseffekt zusätzlich, wie Messungen und Modellrechnungen für die vergangenen 20 bis 30 Jahre übereinstimmend zeigen. Zwei Grad Erwärmung sind also ziemlich sicher. Die große Unsicherheit liegt in den Wolken, denn sie wärmen und kühlen die Atmosphäre – je nachdem in welcher Höhe sie sich befinden. Welcher der beiden Effekte überwiegt, ist noch unklar. Berechnungen ergeben einen Wolkeneffekt zwischen null und zwei-einhalb Grad zusätzliche Erwärmung.



Professor Jochem Marotzke erforscht die Rolle der Ozeane im Klimageschehen.



entwicklungen aufzeigen

Energieeffizienz, nachhaltige Technologien, Emissionshandel – die Erwartungen an den Klimaschutz sind groß. Doch der Mensch schwankt zwischen Konsum und Verzicht und die Politik zeigt sich zuweilen hilflos. CliSAP-Forscher untersuchen, wie Entscheidungen zustande kommen.

Wohin geht die Reise? Der Mensch im Klimawandel

Nach dem Scheitern des Klimagipfels von Kopenhagen 2009 klingen die Ergebnisse der UN-Konferenz Ende 2010 in Cancún zunächst nach Erfolg: Die Weltgemeinschaft erkennt das Ziel an, die Erderwärmung auf zwei Grad Celsius zu begrenzen. Dafür wollen die Industrieländer die CO₂-Emissionen bis 2020 verbindlich um mindestens 25 bis 40 Prozent senken. Die Entwicklungsländer aber reduzieren ihre Emissionen nur freiwillig. Damit ist China – laut Kyoto-Protokoll ein Entwicklungsland – trotz enormem Wirtschaftswachstum und stark steigenden CO₂-Emissionen wieder einmal aus dem Schneider. „Ob sich ein einheitlicher Klimaschutz, zum Beispiel über einen weltweiten CO₂-Emissionshandel, realisieren lässt, ist ohnehin fraglich“, sagt Professorin Anita Engels, Sozialwissenschaftlerin und stellvertretende Sprecherin des Exzellenzclusters. „Umso wichtiger ist, dass wir die Kreativität für regionale Lösungen freisetzen, auch um technologische Entwicklungen voranzutreiben.“

Schon in Europa ist der 2005 eingeführte CO₂-Emissionshandel in einzelnen Ländern sehr unterschiedlich ausgestaltet. Engels hat mit ihrer Arbeitsgruppe den Emissionshandel in Großbritannien, Dänemark, Deutschland und den Niederlanden untersucht. Demnach setzt Großbritannien stärker als die anderen Nationen auf einen florierenden CO₂-Markt. Britische Firmen betrachten den

Emissionshandel eher durch die „Finanzbrille“ und den Verkauf von Zertifikaten als zusätzliche Geldquelle. Deutsche Unternehmen dagegen „sitzen“ häufig auf ihren Zertifikaten. Ohnehin konzentriert sich Deutschland mehr auf technologische Lösungen für das Klimaproblem. Dabei erfährt beispielsweise die Weiterentwicklung der Elektromobilität plötzlich einen Aufschwung: Mercedes bringt wie Toyota das erste Elektroauto auf den Markt.

Die Erwartungen an innovative und nachhaltige Technologien sind in Deutschland groß. So halten einige Sozialwissenschaftler eine ökologische und klimabewusste Modernisierung nicht nur für möglich, sondern sehen darin auch die Lösung für ganz andere Probleme: Die Entwicklung regenerativer Energien und energieeffizienter Elektrogeräte soll den Arbeitsmarkt stabilisieren, das Wachstum ankurbeln und somit Deutschland insgesamt voranbringen. „Ob diese Rechnung aufgehen kann, ist aber sehr umstritten“, sagt Engels.

Denn ein ganz entscheidendes Rädchen im Getriebe ist der Mensch. So ist sich ein Großteil der Bevölkerung nach einer Studie des Umweltbundesamtes zwar der Gefahren des Klimawandels und der Umweltverschmutzung bewusst und sieht auch die Notwendigkeit zum Handeln – nur nicht bei sich selbst. Tatsache ist: Die Mehrheit der Bevölkerung wird sich aufgrund ihrer Werte, ihres Lebens-



Unterwegs per Muskelkraft oder mit dem Wasserstoffbus – der Energieverbrauch der Zukunft wird sich auch danach richten, welche Formen der Mobilität die Menschen künftig bevorzugen.

Mit einer flächendeckenden Ökologisierung im Konsumverhalten können wir nicht rechnen

stils und Konsumverhaltens langfristig kaum um den Klima- und Umweltschutz scheren. Anita Engels ist wenig optimistisch: „Möglicherweise steigt der Anteil der aufgeschlossenen Menschen von derzeit 20 auf 30 Prozent. Mit einer flächendeckenden Ökologisierung im Konsumverhalten können wir aber nicht rechnen.“

In einer Umfrage unter 2800 Bundesbürgern will die Sozialwissenschaftlerin gemeinsam mit anderen CiSAP-Arbeitsgruppen, wie der von Professorin Beate Ratter am Institut für Geographie, dem Faktor Mensch noch näher kommen: Was erwartet der Bürger, wie der Klimawandel ihn betreffen wird? Mit welchen Schäden rechnet er? Welche Möglichkeiten der Energieversorgung sehen die Menschen und welche zusätzlichen Kosten würden sie in Kauf nehmen? Ein besonderer Fokus liegt dabei auf Norddeutschland. Die Region ist sowohl vom Klimawandel, als auch von den energiepolitischen Folgen besonders betroffen. Nach den wissenschaftlichen Klima-Szenarien werden Starkregen oder Hagel in Zukunft vermutlich häufiger auf Norddeutschland niederprasseln. Trotzdem sind die Hamburger, historisch bedingt durch die Sturmflut von 1962, eher auf Sturmfluten gefasst – das kulturelle Gedächtnis prägt die Risikowahrnehmung. Gleichzeitig ballen sich im norddeutschen Raum die Energie- und Klimaschutzprojekte, wie die großen Offshore-Anlagen zur Nutzung der Windenergie und die unterirdische CO₂-Speicherung. Mitte des Jahres sollen erste Ergebnisse der Hamburger Umfrage auf dem Tisch liegen.

Für die Gesellschaft ist der Klimawandel jedoch nicht das einzige Problem. Bei politischen Entscheidungen ist

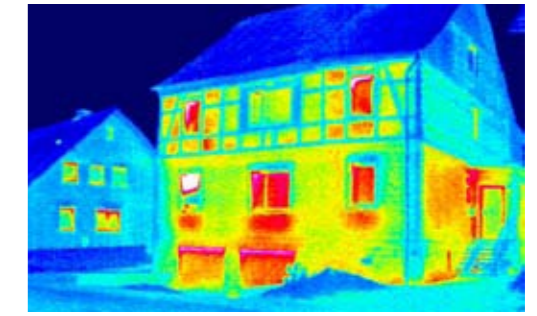
er daher auch nur ein Argument von vielen. Die Kardinalfrage lautet deshalb: Wie können wir Klimaschutz betreiben und die Energieversorgung sicherstellen, ohne die Kosten in die Höhe zu treiben und die soziale Ungleichheit in der Bevölkerung zu verstärken?

Die Politik steckt häufig in einer Zwickmühle

Das grenzt bisweilen an die Quadratur des Kreises. So werden die Pläne der Bundesregierung, Hauseigentümer zu einer klimafreundlichen Sanierung zu verpflichten, nicht nur Vermieter, sondern auch Mieter finanziell stark belasten. Den Bürgern ist das kaum zu vermitteln. Jedoch beobachten die Hamburger Sozialwissenschaftler auch Kreativität bei der Suche nach sozialverträglichen Lösungen: Die Hamburger EnergieAgentur (Hamea) besucht einkommensschwache Haushalte und berät vor Ort über Einsparpotenziale. Dabei schickt sie Berater mit kultureller und sozialer Nähe. Zudem fördert die Hamea die Anfangsinvestitionen, wie Energiesparlampen.

Die Politik steckt häufig in einer Zwickmühle und muss Entscheidungen treffen, die entweder die Gesellschaft belasten oder den Klimaschutz untergraben. Eine neue Arbeitsgruppe am KlimaCampus soll sich mit dem Wechselspiel von Klimawissenschaft und Klima-Governance beschäftigen. „Wir wollen verstehen, wie Entscheidungen zustande kommen, und wie sich Warnungen vor den Folgen des Klimawandels und politisches, ökonomisches

und gesellschaftliches Handeln gegenseitig beeinflussen“, erläutert Anita Engels. Solch komplexe Fragen können nicht von einer Disziplin allein beantwortet werden. In den vergangenen zwei Jahren sind in CiSAP die klassischen Klimawissenschaften und die Wirtschafts- und Sozialwissenschaften deshalb näher zusammengerückt – sowohl in der Forschung, als auch in der Lehre. Diese Vernetzung bildet die Basis für eine langfristige und systematische Forschung im Bereich Mensch und Umwelt.



Infrarotaufnahmen entlarven Schwachstellen der Wärmedämmung.

Der Emissionshandel schränkt mittels politischer Vorgaben das Recht ein, klimaschädliches CO₂ in die Luft zu blasen. Für jede Tonne des Treib-

hausgases muss eine Erlaubnis in Form eines Zertifikats vorliegen. Teure Zertifikate sollen die Unternehmen zwingen, ihre Emissionen

einzuschränken. Künftig werden Emissionsrechte noch stärker als bisher an den internationalen Börsen gehandelt.



Zwischen Betonwüste und Baumoase

Die Städte der Zukunft

In Ballungsräumen trifft der globale Klimawandel auf städtische Klimafaktoren. Intelligente Stadtplanung kann die lokalen Folgen der globalen Erwärmung mildern.

Schon zu Zeiten der Römer entstanden in Deutschland die ersten Städte: Augsburg, Köln oder Mainz sind rund 2000 Jahre alt. Doch erst mit Beginn der Industrialisierung Anfang des 19. Jahrhunderts setzte die große Landflucht ein, sie hält bis heute an. Inzwischen leben etwa 90 Prozent der deutschen Bevölkerung in der Stadt. Weltweit werden im Jahr 2030 nach UN-Schätzungen 60 Prozent der Menschen in Städten wohnen – es werden mehr Megacities mit immer mehr Menschen entstehen. Heißt das mehr Betonbauten, zwischen denen sich die Wärme staut?

Wie wirkt der Klimawandel in größeren Städten? Hamburger Klimaforscher analysieren das spezifische Klima von Städten und können daraus Empfehlungen für eine nachhaltige Stadtentwicklung ableiten.

Seit der Industrialisierung ist es in den Städten merklich wärmer geworden. Das Team von Professorin Heike Schlünzen vom Meteorologischen Institut am KlimaCampus hat gemeinsam mit dem Deutschen Wetterdienst kürzlich berechnet, dass seit 1891 die Durchschnittstemperatur in Hamburg-Fuhlsbüttel alle zehn Jahre um 0,07 Grad

Celsius gestiegen ist – je jünger die Vergangenheit, desto steiler der Anstieg. „Davon geht vielleicht die Hälfte auf das Konto des globalen Klimawandels, die andere Hälfte ist vermutlich stadtbedingt“, so die Meteorologin. „Jede Stadt ist in ihr spezielles regionales Klima eingebettet. Hinzu kommen dann die städtischen Faktoren wie Bebauung, Vegetation, Industrie und Verkehr, die ein ganz eigenes Mikroklima schaffen.“

Dicht bebaute Städte heizen sich auf, weil sich zwischen den Gebäuden Sonnenwärme und Abwärme von

Haushalten und Industrie stauen. Das kann Wärmestress verursachen: Mehr als 20 Grad nächtliche Temperatur lässt viele Menschen schlechter schlafen. Ab einer mittleren Tagestemperatur von 28 Grad steigt sogar die Sterberate. Die Stadt beeinflusst zudem auf zweierlei Weise die Niederschläge. Einerseits fördert sie die Wolkenbildung: Die Luft steigt auf der dem Wind zugewandten Seite der Stadt nach oben, kühlt sich dabei ab, und es bilden sich Wolken. Sind diese groß genug, beginnt es zu regnen. „In Hamburg haben wir Hinweise darauf, dass die Stadt selbst



Hohe Gebäude können die Be- und Entlüftung von Städten verbessern und die Temperatur senken. Die Windlenkung muss jedoch sehr genau justiert werden, um Böen zu vermeiden, die zu Schäden führen oder das Wohlbefinden des Menschen einschränken.

An einer interaktiven Schaltwand beantworten die Hamburger Forscher in Filmsequenzen die Fragen der Besucher. „Das Thema interessiert nicht nur die Einheimischen. Viele Touristen haben sich hier bereits über das Stadtklima informiert“, sagt Heinke Schlünzen.

Wie groß die Rolle der städtischen Faktoren ist, analysieren die Hamburger Wissenschaftler mit dem Computermodell METRAS. Dabei spannen sie ein dreidimensionales Rechengitter über die Metropolregion Hamburg. An den einzelnen Gitterpunkten werden meteorologische Daten wie Temperatur, Niederschlag, Windgeschwindigkeit und Windrichtung errechnet. Ganz anders als die vergleichsweise grobmaschigen globalen und regionalen Klimamodelle haben urbane Modelle eine höhere Auflösung, teilweise bis auf drei Meter genau, sodass sich die Effekte einzelner Gebäude, Baumgruppen, Wasserflächen und Wiesen untersuchen lassen.

Von der Gegenwart möchten die Forscher auch in die Zukunft schauen. Dafür bestimmen sie in gröber auflösenden Modellen die charakteristischen Wetterlagen und rechnen im Detail für einzelne Regionen und Städte die Temperatur- und Niederschlagsfelder. Aus der unterschiedlichen Häufigkeit der charakteristischen Wetterlagen wird dann im Detail das Klimasignal für die verschiedenen Jahreszeiten errechnet und beispielsweise ermittelt, wie häufig es wo künftig zu starken Niederschlägen kommen kann. „Das sind aber nur Wahrscheinlichkeiten“, betont Heinke Schlünzen. „Wir können beispielsweise keine Vorhersagen für den Sommer im Jahr 2037 machen.“

Geprüft werden die engmaschigen Modelle mit realen Daten. Der Deutsche Wetterdienst hat jedoch in den ver-

gangenen Jahren viele Messstationen in Hamburg abbauen müssen. Diese Datenlücke wird nun teilweise mit Messwerten aus dem Hamburg Urban Soil Climate Observatory (HUSCO) geschlossen. In dem Flexpool-Projekt von CliSAP haben Meteorologen und Bodenkundler ein neues Messnetz aufgebaut, um das lokale Klima zu untersuchen.

Als wichtige Ergänzung zu den numerischen Modellen und den Naturmessungen hat der KlimaCampus im September 2010 mit Tests im Windkanal der Universität begonnen, dem größten Grenzschichtwindkanal Europas. Die Experimente am Hamburger Miniaturmodell im Maßstab 1:350 zeigen, wie die Windverhältnisse das Stadtklima und den Transport von Luftschadstoffen beeinflussen. Durch eine enge Bebauung mit hohen Gebäuden entstehen beispielsweise Fallwinde, die die Luft besser durchmischen und die Temperatur senken. Zusätzlich werden neue

Urbane Modelle sind so hoch aufgelöst, dass sich die Effekte einzelner Gebäude, Baumgruppen und Wiesen untersuchen lassen



Sicherheitskonzepte erarbeitet – exemplarisch zunächst für Hamburg, langfristig auch für andere deutsche Städte. „Täglich werden auf Straßen, Schienen oder Containerschiffen Gefahrstoffe transportiert. Metropolen wie Hamburg tragen aufgrund ihrer Bevölkerungsdichte und Verkehrsinfrastruktur bei Störfällen ein besonders hohes Risiko“, sagt Professor Bernd Leitl. Sein Team untersucht mit Windkanalexperimenten die Ausbreitung von Gasen und erstellt aus den Daten eine Prognose-Software für mögliche Unfälle.

Die Stadtklimaforscher schaffen mit ihrer Grundlagenforschung die Basis für ein klimaoptimiertes Städte-Management. „Wir könnten die Folgen des Klimawandels für Städte abmildern, wenn wir wissen, wie wir eine Stadt klimaangepasst bauen und gestalten müssen“, sagt Heinke Schlünzen. Beispielsweise könnten winterliche Nieder-

Grünflächen tragen durch Verdunstung zu einer natürlichen Kühlung bei.





In 50 Jahren erneuert sich eine Stadt etwa zur Hälfte

schläge gesammelt und im Sommer zur Bewässerung des Stadtgrüns genutzt werden. Die Klimaforscher erwarten mehr Niederschläge im Winter, sodass auch immergrüne Bäume das vermehrte Wasser aufnehmen könnten. Diese spenden allerdings auch im Winter Schatten. Schattige Flächen trocknen weniger gut ab. Inwieweit die Stadtplaner von Hamburg dies berücksichtigen sollten, will Schlünzen herausfinden.

„Wie sich eine Stadt entwickelt, hängt aber natürlich auch von der Altersstruktur und dem Lebensstil ihrer Bewohner ab“, sagt Professor Jürgen Oßenbrügge vom Institut für Geographie. Noch steigt hierzulande die Pro-Kopf-Wohnfläche: Während 1968 jeder Deutsche mit durchschnittlich 24 Quadratmeter Wohnfläche zufrieden war, sind es heute etwa 42 Quadratmeter. Also werden immer größere Wohnungen gebaut. Die Alterspyramide wird das Blatt jedoch womöglich wenden: In 40 Jahren wollen die vielen älteren Menschen voraussichtlich eher in kleineren Wohnungen leben, die leicht zu pflegen sind. Bestehende Gebäude würden dann umstrukturiert oder der Abrissbirne zum Opfer fallen, um Häusern mit kleinen Wohnungen Platz zu machen.

Außerdem wollen immer mehr Menschen nicht nur in der Stadt arbeiten, sondern dort auch leben und ihre Freizeit genießen. Das erfordert eine andere Stadtstruktur mit ausreichend Grün- und Wasserflächen, die auch kühlend wirken. „In Hamburg“, vermutet Oßenbrügge, „werden wir wahrscheinlich die grünen Achsen ausbauen müssen, sodass jeder in einer Viertel bis halben Stunde zu Fuß in einer Grünanlage sein kann.“

Vielen Städten und Kommunen brennen außerdem Stadtentwässerung und Hochwasserschutz unter den Nägeln. Klimamodelle deuten an, dass es künftig mehr Niederschläge geben könnte. Das heißt: Kanalisation und



Der demografische Wandel wird die Städte verändern. In 40 Jahren benötigen die vielen älteren Menschen wahrscheinlich mehr kleine Wohnungen.

Hochwasserschutzanlagen müssen in Ordnung gehalten und gegebenenfalls ausgebaut werden. Den Flüssen darf kein Bauland mehr abgetrotzt werden. „Das müssen viele Städte erst verinnerlichen. Im Gegensatz zu Hamburg mit der traumatischen Erfahrung der Sturmflut von 1962 haben andere Städte weniger in den Hochwasserschutz investiert“, sagt Heine Schlünzen. „Wir könnten Städte aber mit relativ zurückhaltenden Maßnahmen entsprechend umbauen. Denn in 50 Jahren erneuert sich eine Stadt ohnehin etwa zur Hälfte – unabhängig vom Klima.“ Mitte 2011 möchte die Meteorologin die ersten konkreten Empfehlungen zur Stadtplanung von Hamburg abgeben.

Die Methoden, die für Hamburg entwickelt wurden, lassen sich auch auf andere Städte übertragen. Dafür klassifizieren die Forscher Städte nach Klimazone, Gebäudestrukturen, Industrie und Verkehr. Ziel ist es, Fälle zu identifizieren, in denen sich eine Stadt in einem Parameter deutlich von anderen Städten unterscheidet, um festzustellen, was dieser bewirkt. „Ein wichtiger Ansatz, weil er konkrete Handlungsmöglichkeiten identifiziert“, sagt Schlünzen. „Bis zu den ersten Ergebnissen werden leider noch einige Jahre vergehen.“

„Konkurrenz um Wasser und Land“

Klimawandel als Sicherheitsrisiko

Der Kampf um natürliche Ressourcen kann Konflikte verschärfen. Hamburger Wissenschaftler untersuchen weltweit die Brennpunkte und entwickeln Strategien zur Krisenbewältigung. Ein Gespräch mit dem Physiker und Friedensforscher Professor Jürgen Scheffran

Die ehemalige britische Außenministerin Margaret Beckett sagte einmal in einer Grundsatzrede: „Der Klimawandel ist der aufziehende Sturm für unsere Gesellschaft.“ Welche Windstärke haben wir heute?

Bei einem Sturm haben wir drei Phasen: vor, während und nach dem Sturm. Wir befinden uns immer noch vor dem Sturm, denn der Klimawandel hat erst begrenzt eingesetzt. Derzeit verzeichnen wir weniger als ein Grad Celsius globale Erwärmung seit dem vorindustriellen Zeitalter. Für die Zukunft wird aber mit mehreren Grad gerechnet.

Warum ist der Klimawandel ein Sicherheitsrisiko?

Es gibt verschiedene Dimensionen von Sicherheit: Wenn Menschen aufgrund einer Naturkatastrophe um ihre Existenz fürchten müssen, dann betrifft das ihre persönliche Sicherheit. Das gilt auch, wenn Wasser und Nahrungsmittel durch den Klimawandel knapp werden. Darüber hinaus kann die nationale oder internationale Sicherheit berührt

sein – etwa wenn durch den Meeresspiegelanstieg ganze Inseln verschwinden oder weite Teile der Küsten von Stürmen und Überschwemmungen heimgesucht werden. Einzelne Länder können in dieser Situation überfordert sein. Auch das Militär eignet sich nicht zur Lösung solcher Probleme, allenfalls kann es Rettungsaktionen unterstützen.

Wo liegen die aktuellen oder künftigen Krisenherde?

Ein wichtiger Krisenherd ist Afrika, das ohnehin viele Probleme hat: Hunger, Armut, Bevölkerungswachstum, Wassermangel und Dürren betreffen große Teile des Kontinents. Auch der Nahost-Konflikt wird begleitet von Wasserkonflikten an Nil, Euphrat und Jordan. Weitere Klima-Brennpunkte liegen im südlichen Asien wegen der Gefahr von Überschwemmungen, sowie in Ostasien, Zentral- und Lateinamerika. Auch Industrieländer sind nicht vor Naturkatastrophen gefeit, wie der Hurricane Katrina in den USA gezeigt hat.

Ein Land, das unter Wasser- und Nahrungsmittelnot leidet, kann sich nicht entwickeln.

Das ist ein wichtiger Punkt. Natürliche Ressourcen sind Voraussetzung für Entwicklung. Wenn grundlegende Ressourcen wie Wasser und Nahrungsmittel fehlen, haben Regierung und Bevölkerung keine Chance, das Land wirtschaftlich und politisch zu stabilisieren.

Hilfsorganisationen sprechen von 11 bis 14 Millionen Flüchtlingen weltweit. Wie viele davon sind klimabedingt auf der Flucht?

Es gibt viele Gründe für Flüchtlingsbewegungen, meist sind es politische Verfolgung oder Krieg. Oft handelt es sich auch um freiwillige Migration, zum Beispiel wenn Menschen aus ökonomischen Gründen in anderen Ländern Arbeit suchen. Bis auf die zeitlich begrenzte Flucht vor Naturkatastrophen kann man zurzeit nicht von Klimaflüchtlingen sprechen. Schätzungen, dass es in den nächsten Jahrzehnten 100 Millionen oder gar mehr Klima-



Naturkatastrophen, wie die großen Überschwemmungen in Pakistan, können Konflikte verschärfen.

flüchtlinge geben wird, sind übertrieben. Bevor Menschen auswandern, werden sie versuchen, ihre Probleme vor Ort zu lösen.

Wenn Landstriche austrocknen, Bauern nichts mehr anbauen können und Nahrungsmittel knapp werden – was bedeutet das für das soziale Gefüge?

Das hängt davon ab, ob die Region politisch stabil ist. Stabile Staaten können mit Umweltänderungen relativ gut umgehen und sich entweder anpassen oder Alternativen entwickeln. Sehr fragilen Ländern fehlt es an Kapazitäten, diese Probleme allein zu bewältigen. Anpassung und Schutzmaßnahmen kosten Geld – das diese Länder nicht haben. Das soziale Gefüge wird daher immer mehr bröckeln.

In Pakistan haben Millionen Menschen durch die großen Überschwemmungen ihre Lebensgrundlage verloren – möglicherweise eine Folge des Klimawandels. Nicht die Regierung, sondern die Taliban eilten als Erste zur Hilfe. Was kann in solchen Fällen passieren? Profitieren radikalislamische Gruppen?

Statt neue Konflikte auszulösen, wird der Klimawandel eher bestehende verschärfen. Bei einer Naturkatastrophe wie in Pakistan ist entscheidend, ob die Betroffenen andere Akteure verantwortlich machen, mit denen sie ohnehin schon im Konflikt stehen. In dieser Situation würde sich der Konflikt verschärfen. Hat die Regierung versagt, wird sie dafür verantwortlich gemacht. Wenn Gruppen wie die Taliban dies für sich nutzen, ist es durchaus möglich, dass radikale Kräfte dadurch Aufwind bekommen.

Industriestaaten können Problemen wie Wassermangel mit neuen Technologien begegnen: Entsalzung von Meerwasser oder Verwendung von Abwasser für die Landwirtschaft. Ist uns damit langfristig geholfen?

Die nördlichen Industriestaaten, also Nord- und Mitteleuropa, Nordamerika und nördliche Teile Asiens, haben eigentlich genug Wasser, weil es dort recht viele Niederschläge gibt. In Europa sind die Dürrezonen im Süden problematisch: Trockenheit, Hitzewellen und Waldbrände erhöhen den Klimastress im Mittelmeerraum. Auf den Kanarischen Inseln sowie im Süden Italiens, Spaniens, Griechenlands und der Türkei nimmt die Konkurrenz um Wasser und Land zu. Je weiter sich die Trockenzone nach Norden ausbreitet, desto mehr Länder sind betroffen. Das kann Span-



Je offensichtlicher die Vorteile der Kooperation, desto größer der Druck, sich an Regeln zu halten



Professor Jürgen Scheffran leitet die Arbeitsgruppe „Klimawandel und Sicherheit“.

Des einen Freud, des anderen Leid: Während Touristen die mediterrane Sonne anbeten, vernichten Waldbrände wertvolles Land.

nungen verschärfen, etwa wenn das Wasser nicht reicht, um den Tourismus aufrecht zu erhalten – eine wichtige Einnahmequelle dieser Länder.

sche Beziehungen zueinander zu setzen. Gleichzeitig entstehen Fallstudien zu bestimmten Ländern und Regionen. Aus beidem entwickeln wir Modelle, die

Normen bedingt sind. Solche Regeln können in agentenbasierte Modelle übersetzt werden. Diese beschreiben, was geschieht, wenn Akteur A Regel 1 folgt und Akteur B Regel 2, und welche Konflikte dabei entstehen. Damit sie kooperieren können, müssen die Akteure unter Umständen ihre Regeln ändern und aneinander anpassen. Dabei beziehen wir auch soziale Netzwerke ein, die beschreiben, ob sich die Akteure gegenseitig nutzen oder schaden.

Welche Schlussfolgerungen ergeben sich daraus für die nationale und internationale Politik?

Eine wichtige Regel in der politischen Verhandlung ist es, Konflikte zu vermeiden oder deren Folgen zu minimieren, sodass es nicht zu Gewalt kommt. Schlimmstenfalls wird das Strafsystem angewendet, was aber bislang nur auf nationaler Ebene funktioniert. Auch bei Konflikten zwischen Staaten setzt der UN-Sicherheitsrat zunehmend auf Strafmaßnahmen – allerdings nur mit mäßiger Wirkung. Klüger wäre es, Anreizsysteme zu schaffen, damit die Konfliktparteien kooperieren. Wie das gehen kann, bilden wir in unseren Modellen ab. Generell gilt: Je offensichtlicher die Vorteile der Kooperation, desto größer wird der Druck, sich an vereinbarte Regeln zu halten und keine

Gewalt innerhalb oder zwischen Staaten einzusetzen.

In Darfur haben zunehmende Verluste von Agrarland zur Gewalteskalation geführt. Wie lassen sich Bürgerkriege kooperativ lösen?

In einer solchen Situation kann der Staat seine rechtlichen Ansprüche nicht durchsetzen. Oft sind diese auch ungerecht, insbesondere in Diktaturen und anderen autoritären Systemen. Im Falle eines Bürgerkriegs muss daher Druck von außen aufgebaut werden, damit die Konfliktparteien zumindest eine minimale Einigung hinbekommen. Das funktioniert aber nur, wenn die Las-

ten gerecht verteilt sind. Grundsätzlich müssen die Akteure zu der Einsicht gelangen, dass durch den Konflikt alles gefährdet wird – auch begehrte Ressourcen. Das funktioniert allerdings nicht, so lange Einzelne von dem Konflikt profitieren, wie zum Beispiel Militärs, Rebellen oder Terrorgruppen, die Zugriff auf Öl oder Diamanten haben. Außerdem muss man die leidende Bevölkerung mobilisieren, sich gegen Gewaltexzesse zu wehren.

Wie kann das funktionieren?

Man spricht von Empowerment durch wirtschaftliche Entwicklung. Diese enge Kopplung darf man nicht unterschät-

zen. Sie ist Voraussetzung für Friedenssicherung. So lange ein Land nicht auf halbwegs sicheren Beinen steht, funktioniert auf Dauer kein Waffenstillstand.

Gibt es Erfolgsgeschichten von gelungenen Kooperationen?

Ein Beispiel sind internationale Wasserabkommen, die es für fast alle großen Flussläufe gibt. In Europa wirken diese Vereinbarungen zwischen den Anrainerstaaten recht gut. Von dem aus der Kolonialzeit stammenden Wasserrecht am Nil dagegen profitiert überwiegend Ägypten. Entsprechend fordern die anderen Staaten jetzt eine neue Vereinbarung.

Anpassung und Schutzmaßnahmen kosten Geld, das fragile Staaten nicht haben – das soziale Gefüge wird daher immer mehr bröckeln

Seit August 2009 sind Sie Professor für Klimawandel und Sicherheit am Hamburger Exzellenzcluster – der erste Lehrstuhl dieser Art weltweit. Welchen Beitrag können Sie zur Klimaforschung leisten?

Wir untersuchen verschiedene Regionen, in denen Klimawandel und Sicherheitsprobleme zusammentreffen. Denn obwohl die Erwärmung ein globales Problem ist, sind die Folgen und auch die Kapazitäten, mit diesen umzugehen, regional sehr unterschiedlich. Zunächst schauen wir uns den Mittelmeerraum und das nördliche Afrika genauer an. Dabei richten wir unseren Fokus auf Wasser, Landnutzung und die Ernährungsfrage.

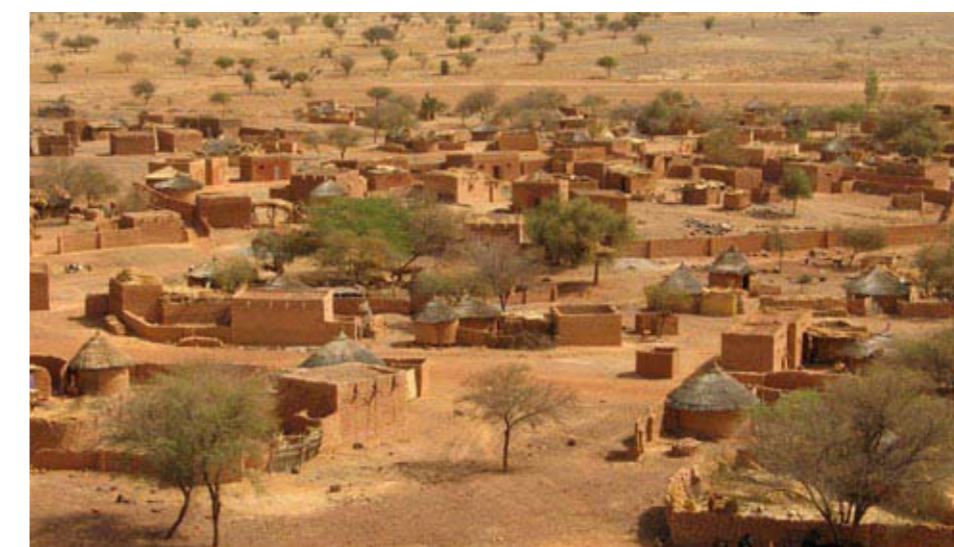
Welche Fragen stellen Sie dabei?

Zum einen wollen wir wissen, inwieweit Umweltveränderungen eine Konfliktslage verändern. Das heißt, wir versuchen, Umwelt- und Konfliktdaten in statisti-

das komplexe Wechselspiel zwischen Klima und Gesellschaft beschreiben. In solchen Aktions- und Interaktionsmodellen werden Akteure beschrieben, die aufgrund von bestimmten Regeln handeln. Zwar kann man aus den Daten der Vergangenheit nur bedingt künftige Entwicklungen ableiten, doch wenn wir die grundlegenden Mechanismen verstehen, können wir eine Art Frühwarnsystem aufbauen.

Wie lässt sich denn menschliches Handeln in ein Modell fassen?

Der klassische Ansatz in der Ökonomie ist, dass Menschen nutzenorientiert sind und nach diesem Maßstab optimal handeln. In der Realität entscheiden Menschen aber nicht immer rational im Sinne der Optimierung, sondern oft aufgrund von erlernten Regeln und Grundsätzen, die durch Erziehung, Erfahrung oder gesellschaftliche



Anhaltende Dürre kann zu Wassermangel führen und fruchtbare Böden austrocknen. Nahrungsmittelknappheit erschüttert schnell das soziale Gefüge.

klimatechnologie vorantreiben

CliSAP hat talentierte Wissenschaftler von renommierten Forschungsinstituten aus dem In- und Ausland nach Hamburg geholt. Wie Professor Jörn Behrens erhöhen sie mit ihren Juniorgruppen die Schlagzahl in der Klimaforschung.

Lockruf für kluge Köpfe Neue Teams untersuchen Kernfragen



Als Jörn Behrens im Spätherbst 2007 die Stellenanzeige für die CliSAP-Professur in der ZEIT las, fühlte er sich zunächst gar nicht angesprochen. Schließlich hatte er als Leiter der Arbeitsgruppe „Tsunami-Modellierung“ am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven eine gute Stelle. Parallel dazu lehrte er an der Universität Bremen. Erst beim zweiten Blick auf die Anzeige kurz vor Weihnachten machte es bei ihm Klick: „Ich dachte plötzlich, auf den Job muss ich mich unbedingt bewerben. Das Profil passte so gut, als hätte man mich vorher gefragt“, erinnert sich Behrens. Die Chance, eine integrierte Klimaforschung mit aufzubauen, da kribbelte es dem Mathematiker in den Fingern. Der Rest der Geschichte ist schnell erzählt: Seit August 2009 leitet Professor Behrens die CliSAP-Juniorgruppe „Numerische Methoden in den Geowissenschaften“.

Und bringt wertvolle Erfahrungen ein: Bereits seit einigen Jahren entwickelt er mathematische Modelle, mit denen sich die Simulation des Klimas, der Atmosphäre und des Ozeans verbessern lässt.

Mit einem wissenschaftlichen Mitarbeiter und zwei Doktoranden ist seine Gruppe klein, aber fein. „Auf alle ausgeschriebenen Stellen haben sich mehrere sehr gute Kandidaten beworben“, sagt Behrens stolz. Dass die Zahl qualifizierter Interessenten so groß gewesen sei, liege nicht allein an der Attraktivität der Stadt Hamburg, sondern vor allem am interdisziplinären Charakter von CliSAP. Dr. Cristóbal E. Castro zum Beispiel hat dafür der renommierten Münchner Ludwig-Maximilians-Universität den Rücken gekehrt: „In CliSAP habe ich die Möglichkeit, mich weiter zu entwickeln und mit Wissenschaftlern aus anderen Fachbereichen eng zu kooperieren.“ Der Ingenieur und

gebürtige Chilene beschäftigt sich schon länger mit numerischen Verfahren in der Geophysik, betritt aber in Hamburg erstmals den Boden der Klimaforschung. Zusammen mit der benachbarten Juniorgruppe „Glaziologie“ von Professorin Angelika Humbert beginnt er demnächst, das Abschmelzen der großen Eisschilde Grönlands und in der Antarktis zu berechnen und in mathematische Modelle zu fassen.

„Wir sind zwar keine Experten für die Details von Eis, Ozean und Sturm, aber wir können die Rechenmodelle dafür entwickeln. Ohne Mathematik geht's eben nicht in der Klimaforschung“, betont Jörn Behrens. Aus Bremerhaven hat er sich daher seinen Doktoranden Oliver Kunst mitgebracht, der wie Behrens Mathematiker ist. Beide konzentrieren sich derzeit auf Modelle zur Wolkenbildung. Dieser Prozess ist klimarelevant, weil hohe

Aufgabe der Nachwuchsgruppen: forschen, forschen, forschen



wendet sie raumfüllende Kurven, eine mathematische Entdeckung aus dem Jahr 1891. „Bis vor kurzem gab es keinerlei praktische Anwendung für diese speziellen Kurven. Erst jetzt, im Zeitalter von Hochleistungsrechnern, sind sie uns nützlich“, sagt die Mathematikerin. „Indem wir eine raumfüllende Kurve durch ein zwei- oder dreidimensionales Gitter legen, bekommen wir eine Sortierung der Daten auf einem Strahl – das beschleunigt den Rechenprozess.“

Die junge Arbeitsgruppe ist schnell zusammengewachsen und hat sich klare Ziele gesetzt: Mitte 2011 soll das erste vereinfachte Modell für die polaren Eisschilde stehen, und Oliver Kunst will die erste Rechnung mit dem dreidimensionalen Wolkenmodell präsentieren.

Optimierte Rechenverfahren verbessern die mathematischen Modelle für das Abschmelzen von Gletschern, die Wolkenbildung oder die Vorhersage von Sturmfluten.



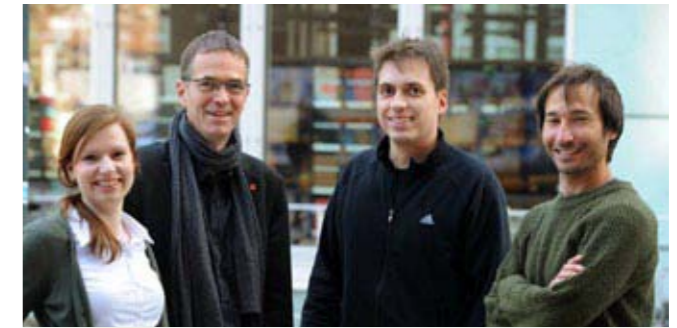
Wolken die Sonneneinstrahlung reflektieren und damit den Treibhauseffekt verringern, während flache Wolken die Sonneneinstrahlung absorbieren und den Treibhauseffekt erhöhen. So weit, so klar. „Noch verstehen wir aber nicht, wie Mischungsprozesse an den Wolkenrändern die Wolkenbildung beeinflussen“, sagt Behrens. Oliver Kunst entwickelt derzeit aus einem zweidimensionalen Wolkenmodell ein dreidimensionales, mit dem sich zum Beispiel eine große tropische Gewitterwolke mit einer Ausdehnung von etwa 10 x 10 x 10 Kilometer untersuchen lässt. Die Ergebnisse der Simulation sollen später in

bestehende Klimamodelle einfließen und diese noch realistischer machen.

Seit Mai 2010 ist das Quartett von Jörn Behrens vollzählig: Die frisch diplomierte Mathematikerin Nicole Beisiegel arbeitet an ihrer Promotion über Sturmflutmodelle. Beisiegel soll vor allem dafür sorgen, dass die Modelle schneller rechnen. Ziel ist es zum Beispiel, bei Sturmfluten oder Tsunamis künftig anhand aktueller Messdaten innerhalb von Minuten vorherzusagen, wie die Lage drei Stunden später sein könnte. Beisiegel hat dafür in die Schatzkiste der Mathematik gegriffen: Um die Modelle zu optimieren, ver-

In ein bis zwei Jahren will die Gruppe außerdem das Sturmflutmodell soweit optimiert haben, dass sich in nur 15 Minuten die Entwicklung der nächsten drei Stunden vorausberechnen lässt. Trotz der unterschiedlichen Themen tauschen sich die jungen Wissenschaftler intensiv aus, möglichst einmal in der Woche gibt es ein Teammeeting. Nicole Beisiegel und Oliver Kunst teilen sich nicht nur einen Raum, sondern auch manche harte Nuss. Zusammen haben sich die beiden Doktoranden in eine spezielle Software für verfeinerte Gitter eingefuchst. Und nicht immer beschäftigt die Arbeitsgruppe allein das Klima: Bei einem gemeinsamen Mittagessen wird gern einmal über Gott und die Welt geklönt.

Auch zu anderen Juniorgruppen waren die ersten Fäden schnell gesponnen. „Da wir fast alle neu am Klimacampus sind, haben wir uns zügig miteinander vernetzt“, sagt Jörn Behrens. Auch zu den etablierten Forschungsgruppen bestehen gute Kontakte. Behrens' Ziele reichen aber noch weiter: Er will die Geowissenschaften stärker in die Mathematik hineinbringen – vor allem in der Lehre. „Für meine Art von Arbeit brauchen Mathematiker eine Grundausbildung in den Geowissenschaften.“ Als Mathematiker in der Klimaforschung sieht er sich als Bindeglied zwischen beiden Disziplinen.



Die CliSAP-Nachwuchsgruppen

Der Exzellenzcluster hat zehn neue Arbeitsgruppen eingerichtet – jede mit einem spezifischen Profil (siehe Seite 48).

Grundausrüstung

1 Gruppenleiter (Professor oder Juniorprofessor),
1 wissenschaftlicher Mitarbeiter, 1 Doktorand, 15 000 Euro freie Forschungsmittel, Büros, Arbeitsmittel und IT

Die Aufgabe

Forschen, forschen, forschen, viel publizieren und internationale Kongresse besuchen, um Kontakte zu knüpfen und Kooperationen zu fördern. Die reduzierte Lehrverpflichtung schafft die Freiräume dafür.

Das Ziel

Viele Kernthemen der Klimaforschung bergen noch immer offene Fragen. Mit neuen Ideen und unter Leitung eines erfahrenen Wissenschaftlers soll der Nachwuchs helfen, diese zu beantworten.



Professor Jörn Behrens führt ein kleines schlagkräftiges Team, das neue Modelle für Wolkenbildung, abschmelzende Gletscher und Sturmfluten entwickelt.



Neue Generation von Klimaexperten

Internationale Graduiertenschule

An der „School of Integrated Climate System Sciences“ lernen die Studenten interdisziplinäres Denken von der Pike auf. Für die Absolventen aus allen Ecken der Welt schafft das ganz neue Perspektiven.



Maria Koon 24 Jahre
Geboren und aufgewachsen in den USA
Bachelor of Science, Maschinenbau
(Mai 2009, Clemson University, USA)
Seit Oktober 2009 Masterstudentin an der SICSS
Schwerpunkt: Biogeochemie des Klimasystems

Warum SICSS? Während meines Studiums des Maschinenbaus habe ich einen Teilabschluss in Umweltingenieurwissenschaften erworben. Dann habe ich im Juni 2009 in Deutschland bei einer Firma angefangen zu arbeiten, die sich mit Klimaschutzprojekten befasst. Jetzt will ich mir den naturwissenschaftlichen Hintergrund der Klimawissenschaften aneignen und mehr über das Erdsystem lernen, speziell über chemische und biologische Prozesse.

Was kann Ihnen die SICSS außer Fachwissen bieten? Ich hoffe auf ein starkes Netzwerk in die Industrie.

Wohin soll es beruflich gehen?

Nach dem Master möchte ich in einem Unternehmen oder einer öffentlichen Institution arbeiten, wo technische Lösungen für das Umweltmanagement erarbeitet werden. So könnte ich meine technischen Kenntnisse mit dem an der SICSS erworbenen Wissen kombinieren.



Oliver Krüger 26 Jahre
Geboren und aufgewachsen in Brandenburg
Diplom-Meteorologe (November 2009, Universität Hamburg)
Seit Dezember 2009 Doktorand am Helmholtz-Zentrum Geesthacht (Partner von CliSAP) und an der SICSS
Schwerpunkt: Luftdruckbasierte Proxydaten und Sturmklima

Warum SICSS? Die SICSS gibt mir während meiner Promotion eine gute Struktur. Zudem profitiere ich sehr von den fachlichen Diskussionen mit Doktoranden aus anderen Disziplinen. Letztlich vereint die SICSS ein breites Fächerspektrum unter einem Dach – das hat mich vom Konzept der School überzeugt.

Wobei kann die SICSS Sie aktuell unterstützen?

Vor allem in den Kursen zu Softskills, wie wissenschaftlichem Schreiben oder Projektmanagement, kann ich Kenntnisse erwerben, die weit über das Fachliche hinausgehen. Auch das Netzwerk des KlimaCampus bietet viele Möglichkeiten der Kooperation und des Austauschs, die ich weiterhin intensiv nutzen werde.

Was kommt nach der Promotion?

Für diese Entscheidung bleiben mir noch anderthalb Jahre. Aber eines weiß ich schon heute: Ich möchte in der Forschung bleiben. Denn es ist sehr spannend, die genauen Zusammenhänge im Wetter- und Klimageschehen zu ergründen. Dabei reizt mich auch immer der Blick über den Tellerrand.

Schultüten gab es nicht, vielmehr ein ganz neues Ausbildungsprogramm, das Studenten und Doktoranden gleichermaßen neugierig machte: Im Oktober 2009 startete am KlimaCampus in Hamburg die „School of Integrated Climate System Sciences“ (SICSS). „Schon im ersten Jahr haben wir uns gut entwickelt, Startschwierigkeiten liegen lange hinter uns“, sagt SICSS-Leiterin Professor Eva-Maria Pfeiffer heute nicht ohne Stolz. Als fester Bestandteil von CliSAP bietet die Graduiertenschule nicht nur ein dreijähriges Doktorandenprogramm in den Klimasystemwissenschaften, sondern auch ein zweijähriges Masterstudium an. Dabei vereint sie die klassischen naturwissenschaftlichen Disziplinen der Klimaforschung mit den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sowie der Sicherheits- und Konfliktforschung.

Gute Chancen in Politik, Behörden und Unternehmen

„Durch die interdisziplinäre Ausrichtung der SICSS bilden wir eine ganz neue Generation von Klimaexperten aus, die den Herausforderungen des Klimawandels aus verschiedenen Perspektiven begegnen können“, sagt Pfeiffer. Das eröffnet den maximal 20 Masterstudenten und rund 70 Doktoranden ganz neue Möglichkeiten. Nach ihrem Abschluss sind die jungen Wissenschaftler nicht nur für die Forschung qualifiziert, sondern auch für Jobs in der Politik, in Behörden oder Unternehmen. So kooperiert die Schule beispielsweise mit der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt in Hamburg sowie der Hamburg Port Authority und hat erste Kontakte zu Versicherungsunternehmen geknüpft.

Die englischsprachige SICSS hat internationales Flair: Aus Russland, der Ukraine, den USA, aus China oder Spanien kommen die Studenten nach Hamburg. „Im Moment liegt der Anteil ausländischer Studenten bei etwa einem Drittel, Tendenz steigend“, berichtet die Leiterin. Die Internationalisierung soll verstärkt werden. Zu Graduiertenschulen und Universitäten in der Schweiz, in Großbritannien und Spanien bestehen schon intensive Kontakte – vor allem die Doktoranden sind in ihrer Ausbildung schon weiter und gut vernetzt. Ziel der SICSS ist es, dass



Bodenuntersuchungen in Feld und Labor:
SICSS-Studenten bekommen eine vielseitige und interdisziplinäre Ausbildung.



alle Master-Studenten ein Semester im Ausland studieren können. „Das müssen wir nun organisieren und mit klaren Zielen verbinden“, sagt Pfeiffer.

Besonders begabte Bachelorstudenten sollen außerdem künftig die Möglichkeit erhalten, in einem sogenannten Fast-Track-Studium bereits nach einem Jahr mit ihrer Promotion zu beginnen. Hierfür wurde nun der rechtliche Rahmen abgesteckt. Mit diesem Qualifikationsprogramm ist die SICSS Vorreiter an der Universität Hamburg.

Brückenschlag zwischen den Fächern

Freiräume durch flexible Mittel

Eine Wissenschaft allein kann die Klimaprobleme nicht lösen. Im ClISAP-Flexpool stecken Natur-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaftler die Köpfe zusammen.



„Der Fortschritt der interdisziplinären Forschung läßt erwarten, daß wir in wenigen Jahrzehnten erheblich mehr und Genaueres wissen werden als heute“, schreibt Helmut Schmidt im Jahr 2004. In seinem Buch „Die Mächte der Zukunft“ befasst sich der Alt-Bundeskanzler auch mit der globalen Erwärmung und deren Folgen für die Weltbevölkerung. Seine Erwartung an die Klimaforschung fällt bei ClISAP auf fruchtbaren Boden. Der Exzellenzcluster sucht mit integrierter Forschung nach Antworten auf drängende Zukunftsfragen und hat eigens dafür flexible Forschungsgelder in einem sogenannten Flexpool bereitgestellt. Diese Mittel, um die sich die Forscher in einem internen Verfahren bewerben müssen, gewährt den betreffenden Arbeitsgruppen viel Autonomie. So können ganz neue Ideen realisiert werden, die im Rahmen der etablierten Förderprogramme noch kaum Chancen auf Förderung haben.

Einfallsreich, zielorientiert und interdisziplinär sollten die Forschungs-

vorhaben sein, die von externen Experten unabhängig begutachtet werden. Erst danach entscheidet das Leitungsgremium des Clusters, das „Scientific Steering Committee“, über Zu- oder Absage. Von rund 100 beantragten Projekten haben fast 40 den Zuschlag bekommen. In ihnen arbeiten nun Forscher verschiedener Disziplinen kontinuierlich zusammen. Dabei treffen

„In der Klimaforschung brauchen wir Flachwurzler und Tiefwurzler“

Naturwissenschaftler auch auf Soziologen, Friedensforscher, Wirtschafts- und Kommunikationswissenschaftler. Mit Blick über den Tellerrand untersuchen sie etwa die Entwicklung des Klimas in Städten (Meteorologen, Geografen), das Konfliktpotenzial des Klimawandels (Politikwissenschaftler, Meteorologen und Forstwissenschaftler) oder die öffentliche Debatte um Geohazards wie Sturmfluten in Medien, Politik und Bevölkerung (Geografen, Journalisten und Geisteswissenschaftler).

„Diese Themen sind breit gefächert und spiegeln den interdisziplinären Charakter unseres Exzellenzclusters wider“, sagt Professor Detlef

Eisensalze in der Vulkanasche können Ozeanalgen düngen. Sie nehmen CO₂ auf und entfernen es so aus der Atmosphäre.

Stammer, Mitglied des „Steering Committee“ und stellvertretender Sprecher des Exzellenzclusters. Manche Forschungsarbeiten erfordern aber auch reines Spezialistentum. Daher werden auch Projekte gefördert, die eher „tief wurzeln“, wie die Weiterentwicklung von Klimamodellen. „Der renommierte Meteorologieprofessor Hartmut Graßl hat einmal gesagt: In der Klima-

forschung brauchen wir Flachwurzler und Tiefwurzler – je nach Fragestellung müssen Wissenschaftler unterschiedlich weit in die Breite oder in die Tiefe gehen. Tatsächlich spiegeln die ClISAP-Flexpool-Projekte genau das wider“, berichtet Stammer.

Der Flexpool öffnet auch eine Tür, die oft verschlossen bleibt. So scheuen sich die Förderorganisationen, in Forschung zu investieren, deren Erfolg



Wie schnell verteilen sich die Aschepartikel nach einem Vulkanausbruch? Radarmessungen auf der Inselgruppe Vanuatu in der Südsee

nicht absehbar ist. Selbst renommierte Wissenschaftler, die solche risikoreiche – wenngleich zukunftsweisende – Forschung betreiben wollen, erhalten dafür selten Fördergelder. Für ClISAP hat sich die Investition in risikoreiche Forschung bereits gelohnt: Die Hamburger Vulkanforscher Dr. Bärbel Langmann und Professor Matthias Hort vom Institut für Geophysik haben herausgefunden, dass Eisensalze in der Vulkanasche die Ozeanalgen erblühen lassen. Die Algen binden größere Mengen CO₂ und

Risikoreiche Forschung zahlt sich aus

entfernen das Treibhausgas damit aus der Atmosphäre. „Es wäre sehr schwer gewesen, eine Finanzierung für unsere Arbeit zu bekommen. Denn unsere Hypothese war durchaus gewagt. Aber der Erfolg gibt uns Recht“, sagt Matthias Hort.

Geerntet werden soll auch in anderen Bereichen. Ein weiterer Teil des flexiblen Budgets steckt in Forschungen, in denen bereits viel Vorarbeit geleistet wurde, aber der letzte Kick noch fehlt. Beispielsweise sollen mehr Beobachtungsdaten und hoch auflösende Modelle unser Verständnis von Wirbeln und anderen kleinskaligen dynamischen Prozessen im Ozean verbessern. Derzeit werden diese Modellläufe ausgewertet und analysiert. Im Ergebnis ist

eine Fülle von Daten und wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu erwarten – ein Gradmesser für den Erfolg eines Projekts.

Denn am Ende wird Bilanz gezogen: Ein Kriterium für die Bewertung ist beispielsweise die Zahl der Publikationen, die im Rahmen des Flexpool-Projekts entstanden sind, aber auch wie viele Gastwissenschaftler ein Projekt zählen kann und wie oft die Wissenschaftler mit ihren Ergebnissen zu Kongressen und an andere Institute eingeladen worden sind. Naturgemäß werden

nicht alle geförderten Forschungsarbeiten halten, was sie versprochen haben – nicht immer wird der integrative Gedanke ausreichend in die Tat umgesetzt. Dennoch bewertet Detlef Stammer den Flexpool als ein gutes und ertragreiches Instrument, um die Vernetzung von Wissenschaftlern zu fördern und die Klimaforschung voranzutreiben. „Allerdings wollen wir künftig die Vergabe solcher Mittel noch enger an unsere Gesamtstrategie binden und die Fragestellungen noch kritischer begutachten“, resümiert der ClISAP-Sprecher.





Kommunizieren, was wir wissen – und was nicht

Bis Ende 2009 galten Klimawissenschaftlerinnen und -wissenschaftler prinzipiell jedoch als die Guten. Doch dann wurden Fehler im Weltklimabericht des IPCC entdeckt. Bis dato unbestrittene Autorität, geriet der Rat plötzlich in Verruf. CliSAP veranstaltete damals eine öffentliche Diskussion zum Thema, der Hörsaal war bis auf den letzten Platz besetzt. Damals sagte Klimaforscher Professor Hans von Storch: „Genauso wie wir kommunizieren, was wir wissen, dürfen wir uns auch nicht scheuen zu sagen, dass wir bestimmte Dinge noch nicht wissen – vielleicht auch niemals wissen werden.“

wissenschaft und Soziologie bis hin zur Friedensforschung –, der hat es schwer, einen klaren Absender zu formulieren“, sagt Outreach-Leiterin Kreis. Dazu kommen die Partner: das Max-Planck-Institut für Meteorologie, das Helmholtz-Zentrum Geesthacht und das Deutsche Klimarechenzentrum.

Mit dem Zusammenschluss zum „KlimaCampus“ wurden die Institutsgrenzen dann auch kommunikativ überwunden. KlimaCampus nannten sich zunächst nur die Mitglieder des Exzellenzclusters im engeren Sinne. Später nahm die Sache Fahrt auf – der neue, klare Auftritt erzielte

Heißes Eisen Beim Klimawandel reden alle mit

Aktivisten, Pessimisten, Skeptiker:
Kaum ein Forschungsbereich ruft
so viele Emotionen hervor wie
der Klimawandel. Eine Herausforderung für die Öffentlichkeitsarbeit – aber auch die Chance, Grenzen zu überwinden

„Man muss kein Experte sein, um sich für Klimaforschung zu interessieren“, so steht es im Vorwort eines kleinen Buchs, das die CliSAP-Öffentlichkeitsarbeit an Interessierte verteilt. Es bündelt Textbeiträge von Forschern, die in einer monatlichen Serie im Hamburger Abendblatt erscheinen. Dabei geht es zum Beispiel um die Frage, warum der Meeresspiegel nicht überall gleichmäßig steigt, ob Wolken die Atmosphäre aufheizen, und warum der Klimawandel mitentscheidet, welchen Fisch wir künftig auf dem Teller haben.

Ziel ist es, die Öffentlichkeit an den Fortschritten der Wissenschaft teilhaben zu lassen. „Als Steuerzahler haben viele Bürger konkrete Vorstellungen, was Klimaforschung leisten soll“, berichtet Ute Kreis, die den Bereich Public Outreach des Exzellenzclusters leitet. Auf Ausstellungen und Veranstaltungen bläst ihr und den Kollegen der Wind mitunter rau ins Gesicht. Denn der Klimawandel lässt niemanden kalt: „Zu diesem Thema hat fast jeder eine Meinung – und natürlich auch das Recht, sie zu äußern. Allgemein verständliches und gut lesbares Informationsmaterial – gedruckt oder online – ist für unsere Arbeit enorm wichtig.“

Wie glaubwürdig ist die Klimaforschung? – Der Cluster lädt zur Podiumsdiskussion. Rechts: CliSAP-Wissenschaftler diskutieren mit Hamburgs ehemaliger Umweltsenatorin Anja Hajduk.



In 15 Pressemitteilungen hat der Cluster 2010 über neue Forschungsergebnisse informiert und damit mehrere Hundert Beiträge in Print, TV und Hörfunk generiert. Für die Medien besonders interessant: der dramatische Rückgang des arktischen Meereises und die Klimawirkung von Vulkanasche. Dazu kommen mehr als 50 Online-News zu wissenschaftlichen Veröffentlichungen, Konferenzen, Ausstellungen und Vorträgen.

Marke mit Integrationskraft

Die vielen Beteiligten waren allerdings zunächst ein Problem: „Wer wie CliSAP 18 Institute der Universität unter einen Hut bringt – von der Ozeanografie, über die Holz-

positive Reaktionen, und selbst die Tagesschau sprach jetzt vom Hamburger KlimaCampus. Heute fühlen sich immer mehr Forscher dem Campus zugehörig. „Dahinter steckt eine neue Qualität der Zusammenarbeit, über die ich sehr froh bin“, so Ute Kreis. „Veranstaltungen wie die ‚Nacht des Wissens‘ oder die ‚Hamburger Klimawoche‘ – bei all diesen Gelegenheiten treten wir heute gemeinsam auf.“

Auch im Internet zeigt sich die enge Kooperation: Alle beteiligten Institute und Partner haben ein gemeinsames Portal geschaffen. Und Meteorologen, Ozeanografen, Geowissenschaftler und Atmosphärenforscher füttern die Website ebenso mit Informationen wie Friedensforscher oder Medienwissenschaftler. Dabei werden alle Projekte eingangs allgemein verständlich erklärt. Mit Erfolg: „Seit

In die Region hineinwirken

wir auch dokumentieren, warum die jeweilige Fragestellung wichtig ist, kommen wir mit der Öffentlichkeit viel leichter ins Gespräch.“

Themen, die Politik und Behörden besonders interessieren, sind regionale Klimamodelle und die Stadtklimaforschung am KlimaCampus. Gefördert von der Hamburger Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt entwickelte die Öffentlichkeitsarbeit zusammen mit den betreffenden Wissenschaftlern eine multimediale Ausstellung dazu. Darin erklären Meteorologen des Clusters, wie der globale Klimawandel mit städtischen Faktoren wie Bebauung, Vegetation, Industrie und Verkehr zusammenwirkt.

Starken Regionalbezug hat auch der „Klimabericht für die Metropolregion Hamburg“: Der Bericht zeigt, was der Klimawandel konkret für die Region bedeutet, für Ökosysteme, Landwirtschaft, Hochwasserschutz und Tourismus. Ein gut 300 Seiten starkes Standardwerk, das im Springer-Verlag erscheint. Eine Kurzfassung kann jeder Interessierte als kleines Booklet mit nach Hause nehmen oder im Netz herunterladen.



Klima-Puzzle: Beim Tag der offenen Tür machen auch die Kleinsten schon mit.

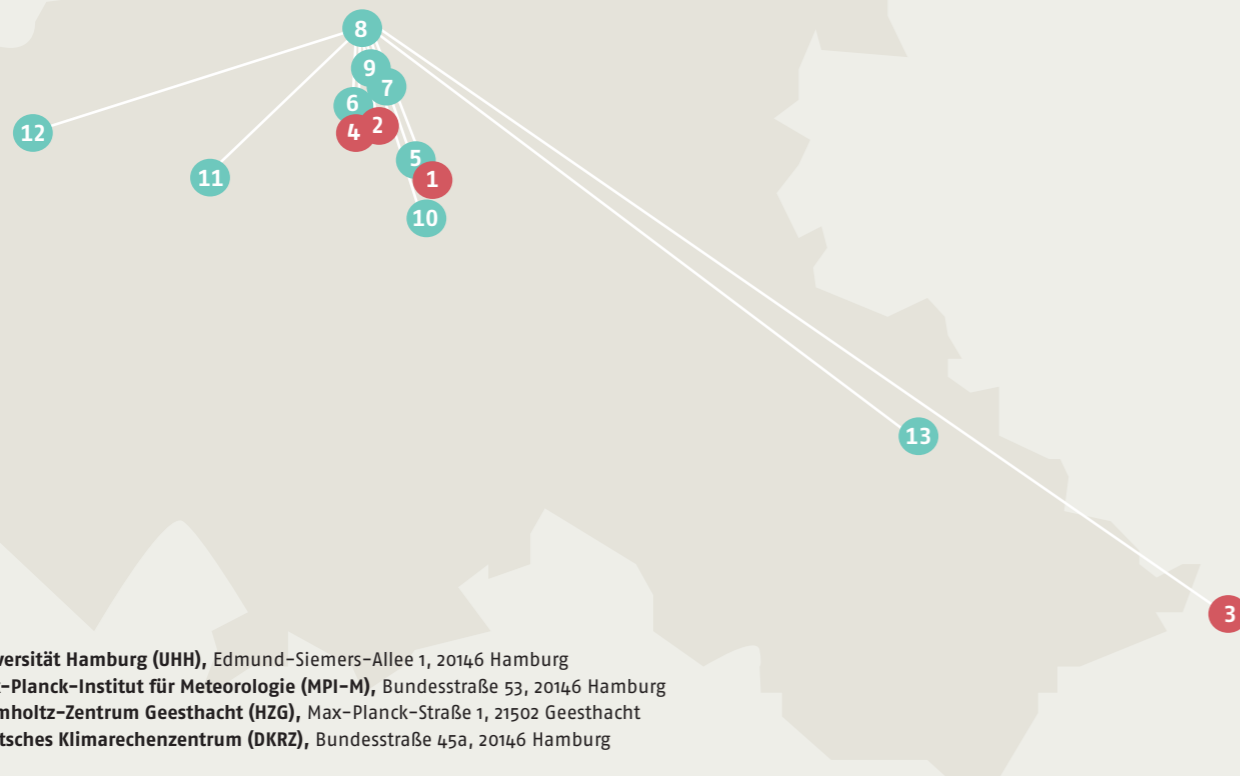
Wie funktioniert das Klimasystem?
Was macht die globale Erwärmung mit unseren Städten? Mit multimedialen Ausstellungen und „griffigen“ Exponaten präsentiert sich der KlimaCampus der Öffentlichkeit.



Der Exzellenzcluster im Überblick

Struktur des Clusters

Der Exzellenzcluster CliSAP bündelt und vernetzt seit 2007 die Hamburger Klimaforschung. Beteiligt sind die Universität Hamburg (18 Institute), das Max-Planck-Institut für Meteorologie, das Helmholtz-Zentrum Geesthacht und das Deutsche Klimarechenzentrum. Natur- und Geisteswissenschaften sind dabei eng verknüpft. Rund um den Cluster sind die Partner-Institute in den letzten Jahren zum KlimaCampus zusammengewachsen. Gemeinsam genutzt werden Infrastruktur-Elemente wie das Datenzentrum, die Modellentwicklung, Großgeräte wie der Grenzschicht-Windkanal sowie die Informationstechnologie.

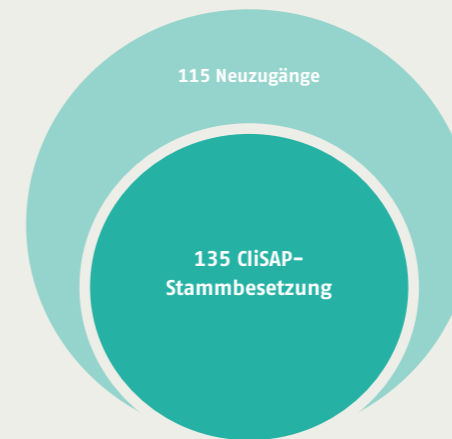


- 1 Universität Hamburg (UHH), Edmund-Siemers-Allee 1, 20146 Hamburg
- 2 Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M), Bundesstraße 53, 20146 Hamburg
- 3 Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG), Max-Planck-Straße 1, 21502 Geesthacht
- 4 Deutsches Klimarechenzentrum (DKRZ), Bundesstraße 45a, 20146 Hamburg

Beteiligte Institute der Universität Hamburg

- 5 Institut für Allokation und Wettbewerb
Institut für Makroökonomie und Wirtschaftspolitik
beide: Von-Melle-Park 5, 20146 Hamburg
- 6 Geologisch-Paläontologisches Institut
Forschungsstelle Nachhaltige Umweltentwicklung
Institut für Biogeochemie und Meereschemie
Institut für Geographie
Institut für Geophysik
Meteorologisches Institut
alle: Bundesstraße 55, 20146 Hamburg
Institut für Meereskunde, Bundesstraße 53, 20146 Hamburg

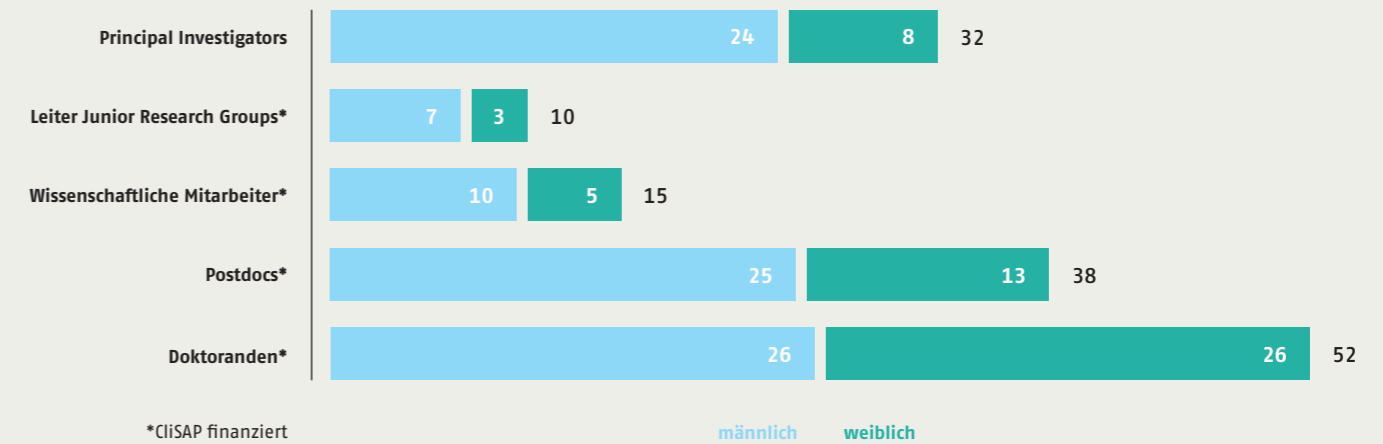
- 7 Biozentrum Grindel, Martin-Luther-King Platz 3, 20146 Hamburg
- 8 CliSAP-Office, Graduiertenschule SICSS, Grindelberg 5, 20144 Hamburg
- 9 Carl Friedrich von Weizsäcker-Zentrum für Naturwissenschaft und Friedensforschung
Institut für Friedensforschung und Sicherheitspolitik an der Universität Hamburg
beide: Beim Schlump 83, 20144 Hamburg
- 10 Centrum für Globalisierung und Governance, Welckerstraße 8, 20354 Hamburg
- 11 Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft
Olbersweg 24 + Große Elbstraße 133, 22767 Hamburg
- 12 BioZentrum Flottbek, Ohnhorststraße, 18, 22609 Hamburg
- 13 Zentrum Holzwirtschaft, Leuschnerstraße 91, 21031 Hamburg



Mehr kluge Köpfe für Hamburg

Mit 135 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern startete der Exzellenzcluster im Oktober 2007. Seitdem sind zehn neue wissenschaftliche Arbeitsgruppen entstanden. IT-Spezialisten, Techniker und ein zentrales Office unterstützen die Arbeit. Heute tragen 250 „Participating Researchers“ zum Erfolg des Clusters bei.

2011
2007



Starke Forschungsmannschaft

Durch CliSAP wurde die aktive Forschungsarbeit wesentlich verstärkt. Insbesondere wurden zahlreiche Stellen für Doktoranden und Postdocs geschaffen. Eingebunden in Junior Research Groups oder eines der Flexpool-Projekte des Clusters greifen deren Arbeiten wie Puzzleteile ineinander.

Grundlagenforschung in Sachen Klima

Kerngeschäft am KlimaCampus ist die Grundlagenforschung in den Bereichen Klimaanalyse und -vorhersage, Klima und Mensch sowie zu regionalen Effekten und Risiken. Meteorologen und Meereskundler, Atmosphärenforscher und Ökologen arbeiten eng zusammen mit Sozial- und Wirtschaftsexperten, Medienwissenschaftlern oder Friedensforschern. Gemeinsam analysieren sie die natürlichen und vom Menschen gemachten Klimaänderungen und entwickeln mögliche Zukunftsszenarien.

Gezielter Einsatz

Neben den etablierten Arbeitsgruppen forschen auch zehn neue Teams am Cluster. Die Junior Research Groups besetzen systematisch neue Forschungsfelder und helfen, bei wichtigen Kernfragen schneller zu Ergebnissen zu kommen. Jede wird von einem erfahrenen Wissenschaftler geleitet, verfügt über eigene Mittel und ein spezifisches Profil.

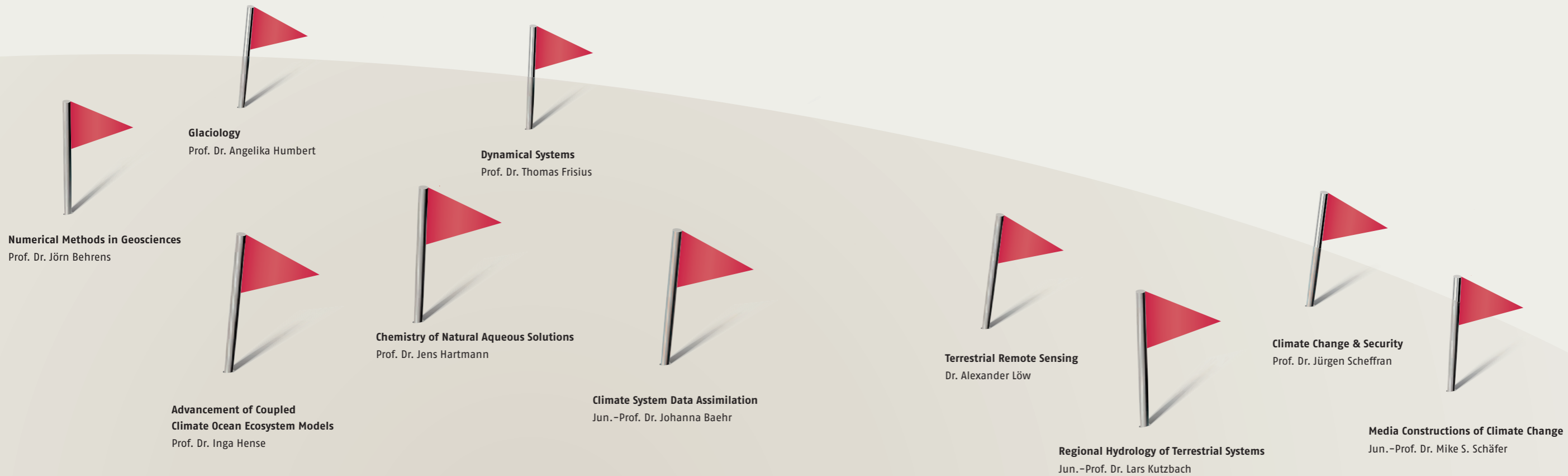
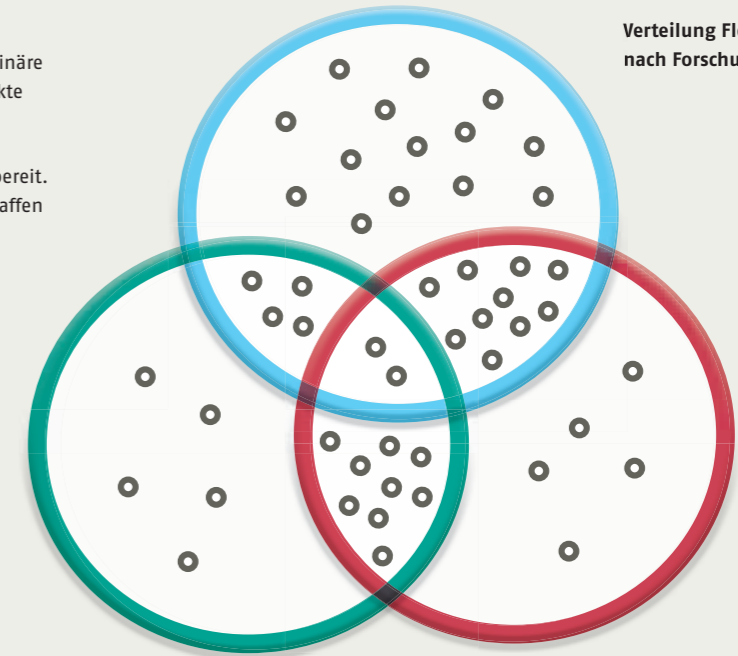
Brückenschlag zwischen den Fächern

Ziel des Exzellenzclusters ist eine enge, interdisziplinäre Zusammenarbeit. Die sogenannten Flexpool-Projekte werden gezielt eingesetzt, um zwei oder mehr Forschungsbereiche zu verbinden. Hierfür stehen zusätzliche Mittel aus einem gesonderten Budget bereit. So können zum Beispiel gemeinsame Stellen geschaffen und wichtige Forschungsgeräte erworben werden.

CIISAP-Forschungsbereiche

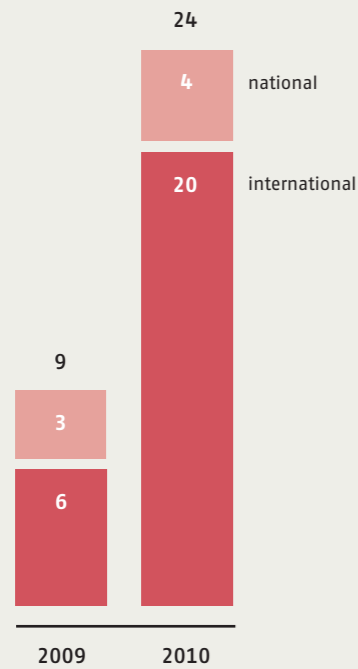
- Klimaanalyse und -vorhersage
- Klima und Mensch
- Regionale Effekte und Risiken

Verteilung Flexpool-Projekte nach Forschungsbereichen



Wissensaustausch weltweit

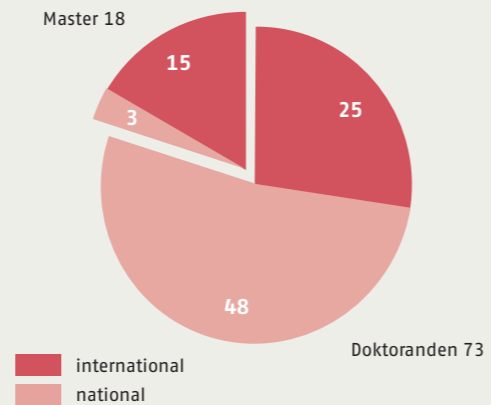
Klimaforschung „made in Hamburg“ genießt internationales Ansehen – bei etablierten Wissenschaftlern ebenso wie beim Nachwuchs.



Kongresse und Workshops

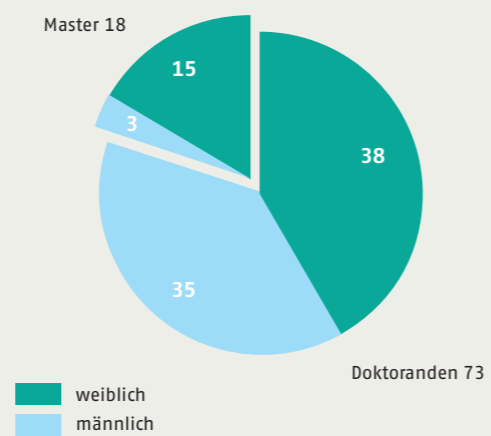
CIISAP unterstützt Fachkongresse und Workshops, um den Wissenstransfer zu fördern. Dabei hat besonders die Zahl der internationalen Treffen zugenommen.

Anzahl Presseartikel



Der Nachwuchs: international und weiblich

Die „School of Integrated Climate System Sciences“ (SICSS) bietet ein Master- und ein Doktorandenprogramm. Unterrichtssprache ist Englisch, denn ein Drittel der Doktoranden und mehr als drei Viertel der Masterstudierenden kommen aus dem Ausland. Gleichzeitig sind die Hälfte der Doktoranden und mehr als drei Viertel der Masterstudenten weiblich.



Der KlimaCampus in den Medien

Die Öffentlichkeitsarbeit des Clusters informiert regelmäßig über wissenschaftliche Ergebnisse. Dabei konnte die Zahl der Presseartikel 2010 gegenüber dem Vorjahr beinahe verdoppelt werden – Tendenz weiter steigend.



Impressum

Herausgeber

KlimaCampus, Universität Hamburg
Exzellenzcluster CliSAP

Konzept und Redaktion

Ute Kreis, Öffentlichkeitsarbeit
Exzellenzcluster CliSAP

Daniela Schmidt, wissen und worte
Kommunikation für Wissenschaft, Medizin & Technik

Gestaltung

HAAGEN design, www.haagendesign.de

Bildnachweis

UHH/KlimaCampus/P.Schreiber (Titel, S. 7 o., S. 9 u., S. 10 o. l., S. 10 o. r., S. 11), UHH/KlimaCampus/D. Ausserhofer (S. 1, S. 17 u., S. 31 o., S. 33, S. 34 o., S. 34 m. l., S. 34 m. r., S. 35 o., S. 35 u., S. 36, S. 37, S. 39 m., S. 39 u.), UHH/KlimaCampus/J. Hebel (S. 15 u., S. 16), UHH/KlimaCampus/M. Steinhauser (S. 42, S. 43 l.), UHH/KlimaCampus/O. Hain (S. 44 m. l., S. 44 m. r.), UHH/KlimaCampus/I. Preuss (S. 9 o., Rücktitel r.), Strandperle (S. 4), iStockphoto/Mantonature (S. 6), G. Stoof/Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (S. 7 u.), T. Opel/Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (S. 8 o. l., S. 8 o. r.), D. Wagner/Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (S. 10 u.), UHH/KlimaCampus/F. Brisc (S. 12), picture alliance (S. 14 o.), mirpic/Fotolia (S. 14 u.), J. Gläser/Greenpeace (S. 15 o.), iStockphoto/Wwing (S. 17 o.), Getty Images (S. 18, S. 24), plainpicture/Cultura (S. 20 l.), L. Brüggemann (S. 20 r.), I. Bartussek/Fotolia (S. 21 o.), S. Hoferer, mit freundlicher Genehmigung der Badischen Zeitung (S. 21 u.), T. Machhaus/Fotolia (S. 22/23), iStockphoto/stockstudioX (S. 25 o.), www.mediaserver.hamburg.de/H. Angerer (S. 25 u. l.), H. Witt-hake/Fotolia (S. 25 u. r.), iStockphoto/ollo (S. 26), plainpicture/PhotoAlto (S. 27 o.), Fotolia XIV/Fotolia (S. 27 u.), AP Photo/A. Naveed (S. 29), iStockphoto/StephanHoerold (S. 30 l.), iStockphoto/S. Vickers (S. 30 r.), D. Cordier/Fotolia (S. 31 u.), iStockphoto/Matt_Brown (S. 32), H. J. Kürztz (S. 34 u.), UHH/KlimaCampus/S. Beddig (S. 38 l., S. 44 u. r.), privat (S. 38 r.), UHH/KlimaCampus/C. Fiencke (S. 39 o.), B. Weiß (S. 40 o., S. 41), K. J. Hesse (S. 40 u.), UHH/KlimaCampus/P. Himsel (S. 43 r.), UHH/KlimaCampus/G. Schwering (S. 44 o.), F. Breier/Climate Service Center (S. 44 u. l.), www.mediaserver.hamburg.de/N. Noreiks (Rücktitel l.)

KlimaCampus

Universität Hamburg, Exzellenzcluster CliSAP office.clisap@zmaw.de www.klimacampus.de



Der KlimaCampus

Seit Oktober 2007 bündelt die Universität Hamburg ihre Expertise in einem Exzellenzcluster für Klimaforschung: Am KlimaCampus arbeiten Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Meteorologie, des Helmholtz-Zentrums Geesthacht und des Deutschen Klimarechenzentrums zusammen mit der Universität. Natur- und Geisteswissenschaften sind dabei eng verknüpft.