



Universität Hamburg

DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

CENTRUM

FÜR ERDSYSTEMFORSCHUNG
UND NACHHALTIGKEIT (CEN)



KLIMARETTUNG AUF DEM EINKAUFSZETTEL

ZEHN KLIMAFORSCHER:INNEN BERICHTEN

A large, sprawling pile of plastic waste, including bottles, containers, and other debris, dominates the foreground and middle ground. The waste is set against a dramatic sky with soft, golden light from a low sun, creating a stark contrast between the pollution and the natural light. The sky transitions from a pale yellow near the horizon to a deep blue at the top.

KLIMARETTUNG AUF DEM EINKAUFSZETTEL

ZEHN KLIMAFORSCHER:INNEN BERICHTEN

Ein Lesebuch der Hamburger Klimaforschung

INHALT

- 4 WALD
- 12 PESTIZIDE
- 18 NACHHALTIG ESSEN
- 24 MEERESGESUNDHEIT
- 28 KLIMANORMEN
- 34 TUNDRA
- 40 WETTERKÜCHE
- 46 VISUALISIERUNGEN
- 52 WINDKANAL
- 58 NORDFRIESLAND

NEUE KLIMAGESCHICHTEN AUS HAMBURG

Viele wissen: Unsere Ernährungsweise belastet das Klima und die Umwelt. Doch welche Rolle spielt Nachhaltigkeit bei unseren persönlichen Kaufentscheidungen? Diese und andere Fragen rund um den Klimawandel untersuchen Wissenschaftler:innen im Exzellenzcluster CLICCS und am Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN) der Universität Hamburg.

Erfahren Sie außerdem, wie wir unsere Wälder fit für den Klimawandel machen können, wie viele Treibhausgase aus dem auftauenden Permafrost entweichen und warum es der Klimaschutz so schwer hat, sich als gesellschaftliche Norm zu etablieren.

Einmal im Monat geben unsere Forscher:innen im Hamburger Abendblatt Einblick in ihre Arbeit. Zehn dieser Beiträge haben wir auf den folgenden Seiten für Sie zusammengefasst.

Viel Spaß beim Lesen!

UNSER WALD STEUERT IM BLINDFLUG AUF DEN KLIMAWANDEL ZU

Unser Wald leistet viel für den Klimaschutz, denn er nimmt Kohlendioxid (CO₂) aus der Atmosphäre auf und speichert es. Auch langlebige Produkte aus Holz speichern Kohlenstoff für lange Zeit und können vergleichsweise emissionsarm hergestellt werden.

Zusammen entspricht das in Deutschland etwa 14 Prozent der jährlichen CO₂-Emissionen. Darauf können wir nicht verzichten, wenn wir effektiv Treibhausgase reduzieren wollen. Doch zurzeit prägen Trockenheit und absterbende Bäume ganze Landstriche.

Im Klimaexzellenzcluster CLICCS untersuche ich mit meinem Team, wie wir den Wald auf den Klimawandel vorbereiten können. Dabei sind nicht in erster Linie steigende Temperaturen entscheidend, damit kommen die hier heimischen Baumarten vorerst zurecht, sondern vielmehr die extreme Trockenheit. Doch der Wald hat ein enormes Potenzial sich anzupassen. Sein Erbgut ist bis zu achtmal so groß wie das des Menschen. Deshalb können unter der schier unendlichen Zahl aufkeimender Buchensämlinge in einem Frühlings-



wald auch solche sein, die mit Trockenstress zurecht kommen. Kritisch sind jedoch mehrere Trockenjahre in Folge. Schon 2018 sind mehr junge Bäume als gewöhnlich abgestorben, weil es zu wenig geregnet hat.

Aktuell verursacht allerdings der Borkenkäfer die größten Schäden. Er setzt den Fichten enorm zu, die mit 28 Prozent die häufigste Baumart in deutschen Wäldern sind. Durch steigende Temperaturen vermehrt sich der Schädling schneller. Gleichzeitig findet er durch die Hitze geschwächte Bäume, die sich nicht gegen seinen Befall wehren können. Wichtige Sofortmaßnahmen sind, die Wälder wöchentlich auf Käfer zu kontrollieren und das befallene Holz schnell aus dem Wald zu entfernen.

Parallel müssen Waldexpert:innen die Anpassung der Wälder weiterentwickeln. Klimamodelle zeigen uns, dass künftige Sommer höchstwahrscheinlich heißer und trockener werden. Steigen die Emissionen wie bisher, müssen wir bis 2100 in Norddeutschland mit bis zu fünf und in Süddeutschland mit bis zu 30 zusätzlichen Hitzeereignissen pro Jahr rechnen. Bei so einem Ereignis steigen an mindestens drei aufeinanderfolgenden Tagen die Temperaturen über 30 Grad. Zukunftsszenarien gehen außerdem von deutlich weniger Regen in Südeuropa und mehr Niederschlag in Skandinavien aus. Auch Stürme und Starkregen könnten häufiger auftreten.







Die heutigen Modellrechnungen reichen allerdings nur bis zum Ende dieses Jahrhunderts. Ein Wald muss jedoch langfristig geplant werden – denn bis 2100 haben heute gepflanzte Bäume nicht einmal eine „Umtriebszeit“ abgeschlossen. Das ist die Zeit, bis ein Baum für die Forstwirtschaft als „erntereif“ gilt. Die Forschung befindet sich also gewissermaßen im Blindflug und muss viele mögliche Entwicklungen im Auge haben.

Sicher ist, bestimmte Regionen sind für unsere heimischen Bäume in Zukunft nicht mehr geeignet. So wird die Buche voraussichtlich in die höheren Lagen der Mittelgebirge abwandern und die Eiche sich dafür in tieferen Regionen weiter ausbreiten. Fichten- und Kiefernwälder werden sich allmählich von trockener werdenden Standorten ganz zurückziehen. Diesen massiven Waldumbau können wir den Bäumen nicht selbst überlassen. Ihre Lebensdauer ist viel zu lang, als dass ihre natürliche Anpassung mit dem rasanten Klimawandel Schritt halten könnte. Wir müssen also nachhelfen – mit einer standort- und klimaangepassten Auswahl der Baumarten und einer Bewirtschaftung, die dem Wald auch in seiner Rolle als Klimaschützer gerecht wird.

Prof. Michael Köhl forscht im Exzellenzcluster CLICCS der Universität Hamburg zu nachhaltiger Waldbewirtschaftung und internationaler Waldpolitik.

PESTIZIDE: BESSERE ERNTE ODER GEFAHR AUF DEM ACKER?

Was macht die Bäuerin in Europa, der Bauer in Afrika, wenn die Temperaturen steigen oder extreme Regenfälle häufiger werden? Sollten sie umsteigen und in Zukunft andere Früchte anbauen? Oder besser in neue Techniken wie zum Beispiel Beregnung investieren?

Um geeignete Pflanzen und clevere Techniken zu identifizieren, entwickeln wir im Exzellenzcluster CLICCS spezielle Rechenmodelle. Damit simulieren wir die Erträge großer Ackerflächen. So lässt sich abschätzen, wie sich die Kartoffelernte an einem bestimmten Ort bei höheren Temperaturen und mehr Regen entwickeln wird. Die Modelle helfen, den besten Mix von Bewässerung und Düngung zu ermitteln. Ich kann zudem neue Techniken testen, ohne sie aufwändig auf dem Acker installieren zu müssen.

Doch ein zentrales Werkzeug fehlte in unseren Berechnungen bislang: die Schädlingsbekämpfung mit Pestiziden. Während wir in Europa dabei eher an Giftrückstände auf Obst und Gemüse denken, sind Pestizide in anderen Ländern beinahe Luxusgüter. Kleinbauern in Afrika zum Beispiel erleiden hohe Ein-



bußen durch Insekten und Pilzbefall. Ein Mittel kann das gezielt verhindern, ist aber oft zu teuer. Weltweit betragen die Verluste durch Schädlinge und Pilze bei Weizen, Mais, Kartoffeln und Soja rund 20 Prozent, bei Reis im Mittel 30 Prozent. Diese Lücke zu schließen kann helfen, Hunger zu bekämpfen. Gleichzeitig richten Pestizide großen Schaden an. Dies zeigt eine ganze Serie von Todesfällen und Vergiftungen beim Baumwollanbau in Indien. Auch für den Artenschutz ist deren Einsatz kritisch.

Welche Mengen erhöhen also den Ertrag – und welchen Preis zahlen wir dafür in punkto Gesundheit und Naturschutz? Um dies herauszufinden, müssen Pestizide im Agrarmodell abgebildet sein. Doch der komplizierte Lebenszyklus der Schädlinge hat dies bisher verhindert. Es ist äußerst schwer, den Effekt einer Insektenart auf eine Pflanze in ein Rechenmodell einzubauen. Das liegt einerseits daran, dass sie nicht permanent Schaden anrichtet. Während ihre Eier noch harmlos sind, fressen Raupen und Larven meist kräftig. Ausgewachsene Tiere haben wieder weniger Appetit.

Außerdem greifen verschiedene Insekten jeweils unterschiedliche Teile der Pflanze an. Ein Knabbern an den Blättern kann glimpflich ablaufen. Wird der Stiel abgenagt, ist die Pflanze tot. So habe ich mich mit Hilfe eines Insektenkundlers tief in die Biologie von Maiszünsler und Kartoffelzikade eingearbeitet, um ihren Einfluss in mathematische Formeln fassen zu können.





Doch stimmt mein neues Modell? Dazu wertete ich wissenschaftliche Feldversuche mit Mais, Sojabohnen und Kartoffeln in den USA aus. Zwischen 1985 und 2014 wurden dort Feldfrüchte in unterschiedlichen Klimazonen angebaut. Alle Daten sind gut dokumentiert: Aussaat, Entwicklung, Düngung, Pestizideinsatz, Schädlingsdichte und Ertrag. Dies waren meine Kontrolldaten aus der realen Welt. Für 14 Äcker simulierte ich die Erträge. Ich fütterte mein Modell mit den Wetterdaten des jeweiligen Jahres und den dokumentierten Maßnahmen der Landwirte. Ein voller Erfolg: Die errechneten Erträge stimmen sehr gut mit den realen Ernten überein! Das neue Werkzeug kann also belastbare Prognosen zu Pestiziden und Erträgen machen.

Jetzt interessieren mich die tatsächlichen Kosten, die durch Pestizide entstehen. Die Folgen für Natur und Gesundheit sollten ebenfalls in der Bilanz auftauchen. Bisher kommen die Erträge nur den Produzenten zugute, die Folgekosten muss aber die Gesellschaft tragen. Mein Agrarmodell kann helfen, diese Kosten zu finden und zu beziffern.

Dr. Livia Rasche ist Expertin für nachhaltige Landwirtschaft im Exzellenzcluster CLICCS und am Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit der Universität Hamburg.

KLIMARETTUNG AUF DEM EINKAUFSZETTEL

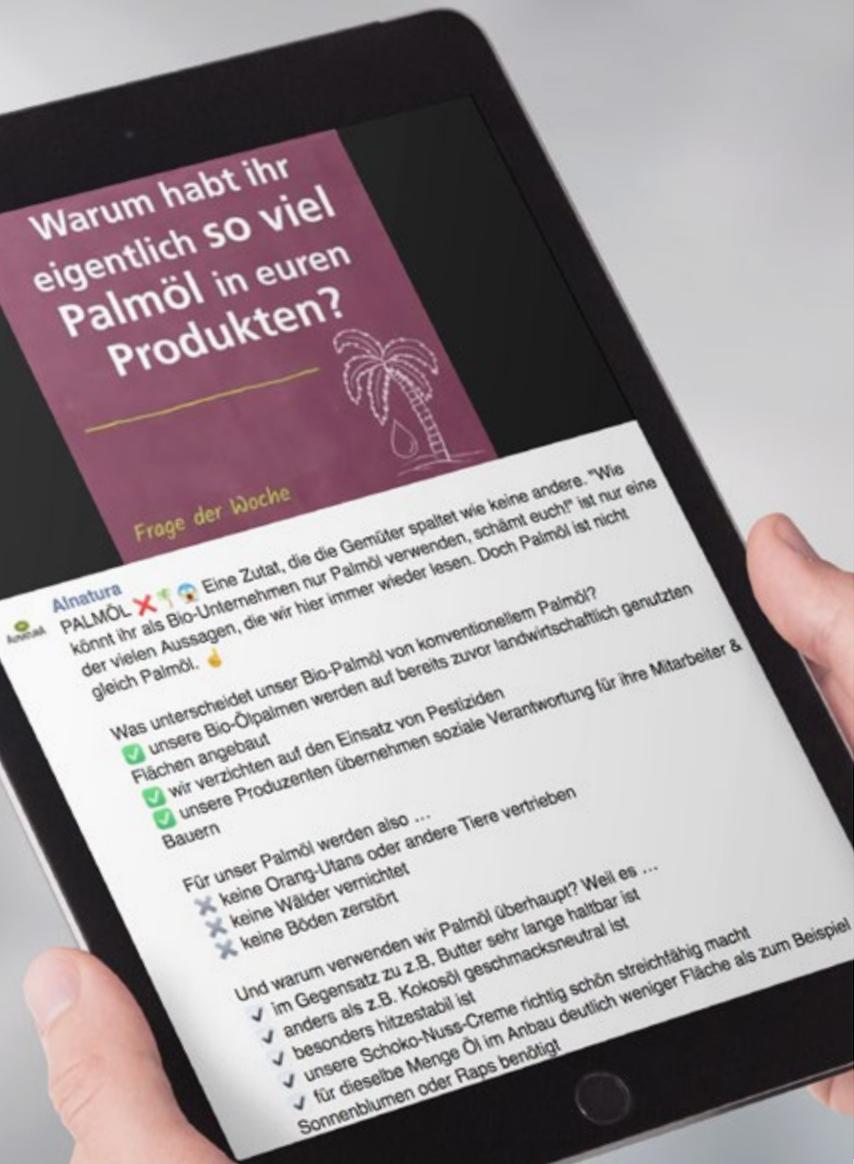
Fleisch oder Gemüse? Dose oder unverpackt? Die Auswahl bei der Ernährung ist schier endlos. Doch wie treffen wir unsere Kaufentscheidung und welche Rolle spielt Nachhaltigkeit dabei?

Zusammen mit meiner Kollegin Imke Hoppe analysiere ich die Debatten über nachhaltige Ernährung in sozialen Netzwerken. Dazu haben wir einen Monat lang die Beiträge und Kommentare auf den Facebook-Seiten der größten Supermärkte in Deutschland, Großbritannien, USA, Kanada und Südafrika ausgewertet.

Die Analyse zeigt, was den Menschen bei der Ernährung wichtig ist und welche Bedeutung das Thema in ihrem sozialen Umfeld hat. Uns interessiert vor allem, inwieweit Konsument:innen einen Bezug zwischen ihrer Ernährung und Nachhaltigkeit herstellen und damit zu einer verantwortungsvollen Nutzung der wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Ressourcen.

Unsere Ergebnisse zeigen: Deutsche und Brit:innen diskutieren am intensivsten über nachhaltige Aspekte der Ernährung. In Deutschland nahmen wir die Facebook-Diskussionen





der Supermarktketten Edeka und Alnatura unter die Lupe. Während sich bei Alnatura Umweltexpert:innen mitunter einen regelrechten Wettstreit liefern und ihre Beiträge mit Quellen belegen, bleibt die Diskussion auf der Edeka-Seite allgemeiner. Aber auch hier wird in den Kommentaren kritisch auf die Verantwortung des Supermarktes und seiner Kund:innen verwiesen – zum Beispiel bei Umweltproblemen, ausgelöst durch die Palmölindustrie oder Plastikmüll. Darüber hinaus werden Fragen der sozialen Ausgrenzung angesprochen: Ist das Kaufen von Biolebensmitteln ein Luxus nur für Gutverdienende?

Das Thema Plastikmüll dominiert auch in Großbritannien die Diskussionen auf den Seiten des Supermarktes Tesco. Zwar konsumieren Brit:innen viermal mehr verpackte als unverpackte frische Lebensmittel, viele sind sich jedoch der daraus resultierenden Probleme bewusst und fordern ihre Supermärkte auf, Plastikverpackungen abzuschaffen.

In den USA und Kanada sind die Debatten auf den Facebook-Seiten der Supermärkte Loblaws und Kroger weitaus weniger politisch. In Kanada ist Nachhaltigkeit in nur sechs Prozent der Kommentare ein Thema. In beiden Ländern werden vielmehr persönliche Erlebnisse zu Kaufentscheidungen oder Gesundheit erzählt. Die große Bedeutung traditioneller Feste wie Thanksgiving wird ebenfalls häufig besprochen.

Fleischkonsum ist in beiden Ländern ein wichtiger Teil dieser Traditionen – und wird nur selten kritisch hinterfragt.

Auch in Südafrika sprechen Kund:innen des Supermarktes Shoprite wenig über Nachhaltigkeit. In etwa fünf Prozent der Beiträge nehmen sie Bezug dazu. An oberster Stelle steht das Preis-Leistungs-Verhältnis. Dennoch wird nach Alternativen gesucht. Beispielsweise tauschen sich Menschen auf der Facebook-Seite eines südafrikanischen Bio-Wochenmarktes zu Ernährungsweisen und zu regionalen Lösungen abseits der globalen Lebensmittelindustrie aus.

Obwohl in den untersuchten Ländern unterschiedlich über Nachhaltigkeit diskutiert wird, stellen soziale Netzwerke eine wichtige und niedrigschwellige Plattform dar, um Menschen für eine nachhaltige Ernährungsweise zu motivieren. Das wissen auch Influencer:innen aus diesem Bereich. Sie spielen eine zentrale Rolle, um das Bewusstsein auf Umweltthemen zu lenken. Auf Youtube, Instagram und in zahlreichen Blogs leben sie neue Werte vor und inspirieren Menschen zu einem umweltbewussteren Leben.

Prof. Katharina Kleinen-von Königslöw forscht zu digitaler Kommunikation und Nachhaltigkeit im Klimaexzellenzcluster CLICCS an der Universität Hamburg.



DAS MEER AUF DEM UNTERSUCHUNGSTISCH

Die Meere sollen laut Vorgabe der Europäischen Union sauber, gesund und produktiv sein. Ein hehres Ziel. Um es zu erreichen, müssen die Mitgliedsstaaten der EU zunächst wissen, wie es um die Meere steht.

Wie finden sie das heraus? Wie lassen sich passende Maßnahmen ableiten? Das untersuche ich zusammen mit meinen Kolleg:innen am Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN) an der Universität Hamburg.

Die EU hat das Ökosystem Meer in verschiedene Bereiche aufgeteilt: Genau wie Ärzt:innen, die das Herz-Kreislaufsystem, die Verdauung oder das Immunsystem ihrer Patient:innen getrennt untersuchen. Für jeden Bereich des Meeres wurde der Idealzustand definiert. So soll es viele verschiedene Tiere und Pflanzen geben und möglichst viele Speisefische. Außerdem sollen alle Teile des Nahrungsnetzes – Tiere, Pflanzen, Bakterien und vieles mehr – so zahlreich sein, dass ihr langfristiges Überleben gesichert ist.

Zum Nahrungsnetz gehören alle sogenannten Fressbeziehungen: Fische verspeisen tierische Kleinstlebewesen,



Zooplankton genannt, die sich wiederum von Algen ernähren. Bakterien verwerten alle toten Lebewesen. Der Bereich „Nahrungsnetz“ ist wichtig, um den Gesamtzustand eines Meeres zu bewerten. Es ist jedoch schwer, die Indikatoren zu finden, die eindeutige Hinweise auf seinen Zustand geben. Beim Menschen wäre ein aussagekräftiger Indikator die Körpertemperatur. Ist sie hoch, hat man Fieber – der Gesundheitszustand ist schlecht.

Wir haben für drei Gebiete der Ostsee 13 gängige Indikatoren überprüft. Diese werden von Wissenschaftler:innen bereits genutzt, um den Zustand des Nahrungsnetzes zu beurteilen – aber sind sie tatsächlich geeignete Hinweisgeber? Sieben Indikatoren beziehen sich auf Fische. Sechs weitere auf das Zooplankton: Wie viel gibt es davon? Wie groß sind die Minilebewesen im Durchschnitt?

Um zu prüfen, wie gut die Indikatoren funktionieren, haben wir ein Computermodell entwickelt. Dieses füttern wir mit Messdaten der Indikatoren und von Umwelteinflüssen wie Klimawandel oder Überdüngung. Ein guter Indikator zeigt uns den Zustand des Nahrungsnetzes und reagiert schnell und eindeutig auf einen bestimmten Umwelteinfluss. Wird etwa Zooplankton im Schnitt kleiner, ist das ein Hinweis auf einen schlechten Zustand des Nahrungsnetzes. Auslöser ist eventuell Überdüngung – können wir diesen Zusammenhang belegen,

ist die Gegenmaßnahme klar: weniger Dünger im Wasser.

Trotz vieler Berechnungen gibt es den einen, immer aussagekräftigen Indikator nicht. Die Gesamtmenge des Zooplanktons war etwa als Hinweisgeber für den Zustand des Nahrungsnetzes im Bornholm Becken und der Bottensee zwischen Schweden und Finnland gut geeignet, im Gotland Becken bewährte er sich kaum. Auch die Durchschnittsgröße des Zooplanktons veränderte sich im Bornholm Becken als Reaktion auf bestimmte Umwelteinflüsse nur minimal. Je nach Region reagierten bis zur Hälfte der Indikatoren nicht wie erwartet auf Umweltveränderungen. Für das Bornholm Becken erwiesen sich sechs der Indikatoren als geeignet, um den Zustand des Nahrungsnetzes bewerten zu können. Für die beiden anderen Gebiete waren andere Kombinationen sinnvoll.

Für jede Region müssen also individuell passende Indikatoren ausgewählt werden. Unser Modell hilft Wissenschaft und Politik dabei, diese zu identifizieren. So wird es in Zukunft einfacher, den Zustand des Meeres zu bewerten – der erste Schritt, um das angestrebte Ziel sauberer und gesunder Meere zu erreichen.

Dr. Saskia Otto ist Biologin und arbeitet am Institut für marine Ökosystem- und Fischereiwissenschaften der Universität Hamburg.

KLIMAPROTESTE ZEIGEN, WO NORMEN MISSACHTET WERDEN

Der Klimaschutz weist nur zögerliche Erfolge vor. Die Wissenschaft drängt, doch Klimaziele werden nicht erfüllt und Entscheidungen verzögert. Die „Fridays for Future“-Demonstrationen zeigen weltweit, dass etwas schief läuft.

Deutschland und viele weitere Länder werden ihr Klimaziel verfehlen. Das stößt besonders bei Jugendlichen auf so viel Widerstand, dass sie regelmäßig öffentlich protestieren.

Am Exzellenzcluster für Klimaforschung CLICCS interessiere ich mich für den Hintergrund der Proteste. Solche Konflikte sind stets ein Zeichen dafür, dass eine Norm verletzt oder missachtet wird. Ich erforsche solche Normen. Wie entstehen sie? Welche Norm ist legitim – und für wen? Wer bricht sie, wann und warum?

Entlang dieser Fragen habe ich drei unterschiedliche Normen der internationalen Politik untersucht: das Folterverbot, die Grundrechte von Einzelpersonen im Falle von Sanktionen sowie das Verbot von sexualisierter Gewalt gegen Frauen und Mädchen in Kriegssituationen. Aus den Analysen kann



ich Muster ableiten, die sich auf ähnliche Normen übertragen lassen. Doch warum funktioniert die eine Norm gut, eine andere nicht? Erfolgreich sind Normen immer dann, wenn sie von vielen Menschen als legitim empfunden werden.

Klimagerechtigkeit ist als Norm bislang kaum erforscht. Womit lässt sie sich vergleichen? Besonders eine der drei Normen weist viele Gemeinsamkeiten auf: das Verbot von sexualisierter Gewalt. Beide Normen entwickelten sich über Jahrzehnte, sind international bekannt, werden durch ein breites Netzwerk getragen und wurden entscheidend durch lokale Gruppen und Nicht-Regierungsorganisationen (NGOs) vorangetrieben.

Für ein Verbot von sexualisierter Gewalt kämpften Frauenverbände und NGOs auf der ganzen Welt mehr als ein halbes Jahrhundert. Im Jahr 2000 wurde es schließlich in einer UN-Resolution festgeschrieben. Viele Staaten entwickelten daraufhin Schutzpläne. Den von Gewalt Betroffenen war es wichtig, dass die Verbrechen detailliert aufgeschrieben und damit offiziell dokumentiert wurden, sogar wichtiger als ein Urteil vor Gericht. Heute wird sexualisierte Gewalt in einigen Ländern weiterhin nicht systematisch verfolgt. Trotzdem hat die Norm offiziell weltweit eine hohe Legitimität und gilt in vielen Staaten als erfolgreich etabliert.

Auch die Klimanorm hat eine lange Vorgeschichte. Schon in den 1960er Jahren warnte die Wissenschaft vor einer Erd-

erwärmung, 1979 fand in Genf die erste Weltklimakonferenz statt. Unterschiedliche Akteur:innen rückten Klimathemen immer wieder ins öffentliche Bewusstsein. Gleichzeitig decken NGOs bis heute Fälle von mangelndem Klimaschutz oder globaler Klimaungerechtigkeit auf, publizieren die Details und sorgen damit für die Dokumentation von Unrecht. Das Thema ist international etabliert und teilweise gesetzlich verankert.

Wie entstehen also tragfähige Normen? Je mehr Menschen verschiedenster Gruppen sie ausgehandelt haben, desto legitimer sind sie. Kurz gesagt: Um eine erfolgreiche Norm wurde zuvor lange gestritten.

Damit hat die Klimanorm gute Voraussetzungen. Warum klappt es trotzdem nicht? Offensichtlich trägt die Politik ihre eigene Norm nicht mit. Mitglieder der Regierungen sind entweder nicht überzeugt, dringend handeln zu müssen – oder sie fürchten, dass ihnen Wähler:innen verloren gehen. Eine stabile Norm entsteht aber nur gemeinsam mit der Gesellschaft. Dabei muss sie nicht nur in die Entwicklung der Klimapläne mit eingebunden werden, sondern auch die Umsetzung mitgestalten.

Prof. Antje Wiener ist Politikwissenschaftlerin am Exzellenzcluster CLICCS und Expertin für die Entstehung von Normen in der internationalen Politik.

DER ATEM DER TUNDRA

Im nördlichen Sibirien sind die Auswirkungen des Klimawandels mit bloßem Auge zu erkennen. Bislang gefrorene Böden tauen auf, Häuser und Bahntrassen versinken im Schlamm, Küsten werden fortgespült.

Weil in der Arktis die Temperaturen doppelt so stark gestiegen sind wie im globalen Durchschnitt, ist die Region stärker als andere Gebiete von der Erderwärmung betroffen. Gleichzeitig wird ihre Erwärmung voraussichtlich enorme Auswirkungen auf das Weltklima haben.

Problematisch sind dabei die großen Mengen Kohlenstoff, die in Form von abgestorbenem, organischem Material in den Böden gespeichert sind. Wird es wärmer, taut dieses Material auf und kann von im Boden lebenden Mikroorganismen zersetzt werden. Dabei stoßen die Kleinstlebewesen Kohlendioxid und Methan aus: Wie viel der klimaschädlichen Treibhausgase frei werden, können wir bisher nur schätzen.

Gemeinsam mit Kolleg:innen vom Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN) der Universität Hamburg versuche ich, die Vorgänge in den Böden der Tundra besser zu verstehen. Dafür habe ich mehrere Expeditionen nach





Sibirien unternommen. Auf einer der 1500 Inseln des Lenadeltas, 650 Kilometer nördlich des Polarkreises, habe ich gemessen, wie viel Methan der Boden abgibt.

Solche Messdaten brauchen Forscher:innen unter anderem, um Klimaprognosen mit Hilfe von Computermodellen zu erstellen. Doch bisher gibt es aus Sibirien nur wenige Daten; einfach, weil das Gebiet so riesig und gleichzeitig unzugänglich ist. Straßen und Orte fehlen, Forschungsstationen sind rar. Der daraus resultierende Mangel an Daten mindert die Genauigkeit der Klimaprognosen.

Um zusätzliche Daten zu gewinnen, habe ich meine Messungen in einem bisher nicht untersuchten Ökosystem vorgenommen: auf der Überflutungsebene der Insel Samoylov. Dafür habe ich einen 2,5 Meter hohen Turm mit den Messgeräten errichtet, musste ihn aber vor dem Frühjahrshochwasser im Mai wieder demontieren. Erst nachdem das Schmelzwasser aus dem Einzugsgebiet der Lena, das siebenmal so groß wie Deutschland ist, in den Arktischen Ozean geflossen war, konnte ich ihn wieder aufbauen.

So lange der Turm in Betrieb war, haben die Messgeräte zwanzigmal pro Sekunde die Turbulenz sowie die Methankonzentration in der Luft gemessen. Aus diesen Werten habe ich die Methanabgabe des Bodens berechnet. Und nicht nur das: Ich konnte herausfiltern, welche Vegetationszone auf der

Überflutungsebene wie viel Methan abgegeben hat. Denn mit Büschen bewachsene Zonen emittieren andere Mengen als Gebiete, auf denen vor allem Gräser oder Moose gedeihen.

Mithilfe der von mir verwendeten Methode können Forscher:innen die Emissionen verschiedener Landschaftstypen zukünftig unterscheiden und zuverlässiger schätzen, wie viel Methan dort jeweils entsteht. Wird die für die Tundra typische Vielfalt der Landschaft hingegen nicht berücksichtigt, können die Methanemissionen stark unter- oder überschätzt werden – beispielsweise auf der Überflutungsebene von Samoylov um zirka 40 Prozent.

So kann meine Arbeit dazu beitragen, die Genauigkeit von Klimamodellen zu verbessern; an dem globalen Problem des Klimawandels ändert sie jedoch nichts. Für mich ist es ernüchternd zu sehen, in welchem Tempo sich die Arktis verändert und wie wenig in Deutschland auf politischer Ebene getan wird, um das Klima zu schützen. Noch können wir die Erderwärmung begrenzen – aber nur, wenn wir deutlich entschiedener handeln als bisher. Kommende Generationen werden es uns danken.

Dr. Norman Rößger hat am Institut für Bodenkunde promoviert und forschte am Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit.

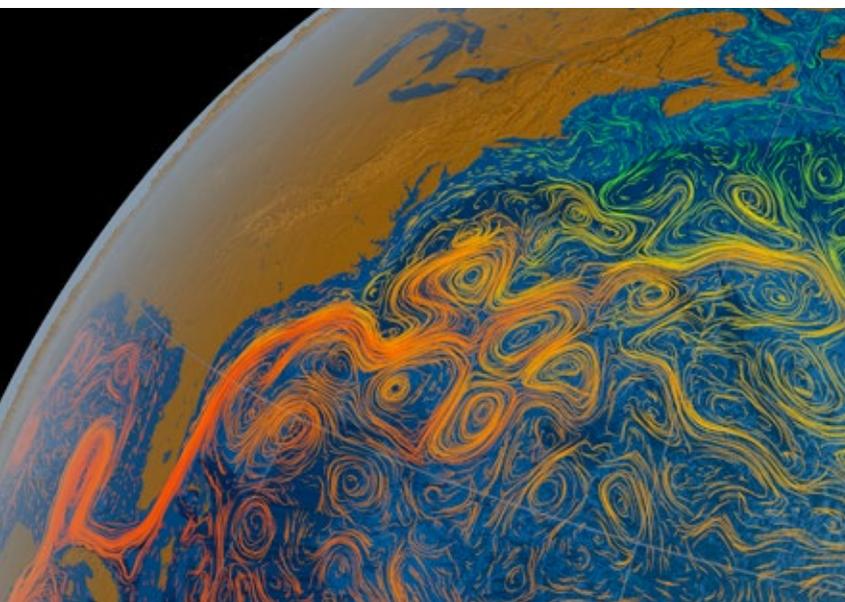
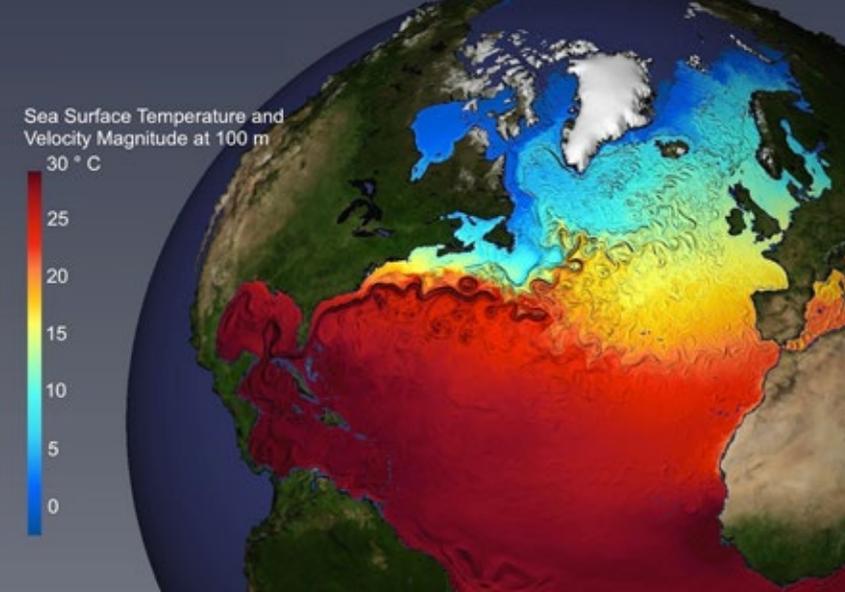
WIE STARK HEIZT DER ATLANTIK UNSER WETTER AN?

Der Atlantik gilt als die Wetterküche Europas – er bringt die Wärme aus den Tropen bis vor unsere Küsten und spielt daher eine wichtige Rolle bei der Wettervorhersage.

Dennoch wird er in den Prognoserechnungen stiefmütterlich behandelt: Während die Vorgänge in der Atmosphäre detailliert verfolgt und viele Werte berechnet werden, gehen der Ozean und die mit ihm transportierte Wärme oft nur mit einem Wert in die Berechnungen ein.

Zwar ist der Atlantik mal wärmer, mal kälter. Verglichen mit der Atmosphäre reagiert der Ozean aber träge: Er kann beispielsweise viel Energie aufnehmen, ohne dass sich die Oberfläche spürbar erwärmt. Gleichzeitig speichert er die Wärme lange Zeit und gibt sie nur langsam wieder ab. Daher ist es üblich, für kurzfristige Vorhersagen den Anfangswert beizubehalten – da sich die Wassertemperatur in dieser Zeit erfahrungsgemäß nur wenig ändert. Das funktioniert auch: Gleicht man die Vorhersage später mit dem realen Wettergeschehen ab, sehen wir, dass beides trotz der Vereinfachung gut übereinstimmt.





Anders sieht es aus, wenn es um Vorhersagen für ein oder mehrere Jahre geht, also etwa um die Frage, ob der nächste Winter sehr kalt wird oder der Sommer besonders trocken. Diese Art von Prognosen erstelle ich im Klimaexzellenzcluster CLICCS mit meinem Team – und sie sind besonders knifflig. Es ist ein bisschen so wie bei einer Klassenarbeit: Liegt der Schnitt gewöhnlich bei Note Drei, heißt das nicht, dass der Schüler Tom oder die Schülerin Julia auch eine Drei schreiben. Vielmehr hängt das Ergebnis davon ab, wer welche Voraussetzungen mitbringt – also etwa ob Tom das Richtige gelernt hat oder Julia am Abend vorher auf einer Party war. Genauso müssen wir für unsere mehrjährigen Vorhersagen wissen, wie viel Wärme der Atlantik im Mai, zu Beginn der Vorhersageperiode, tatsächlich mitbringt.

Bisher waren langfristige Vorhersagen deshalb sehr unzuverlässig. Die Trefferquote betrug kaum mehr als 50 Prozent. Berücksichtigen wir bei der Wassertemperatur jedoch, wie der konkrete Zustand vom langjährigen Mittel abweicht, zum Beispiel ob die Temperaturen zum Vorhersagebeginn vergleichsweise hoch oder niedrig waren, sind die Ergebnisse mit bis zu 80 Prozent deutlich zuverlässiger. Unsere Ergebnisse sind sogar besonders nah an der Realität, wenn die Anfangstemperatur extrem vom Durchschnitt abweicht. Ist der Atlantik also im Mai außergewöhnlich warm oder kalt,

können wir die kommenden Monate und Jahre umso treffender vorhersagen.

Das ist auch deshalb interessant, weil es einen Philosophiewechsel bedeutet. Bisher galt: Je mehr Eingangswerte wir mitteln, desto treffender die Prognose – weil „Ausreißer“ dann kaum ins Gewicht fallen. So waren wir es in der Wissenschaft jahrelang gewohnt. Jetzt lernen wir: Weniger ist womöglich mehr. Heißt: Zu bewerten, ob ein bestimmter Eingangswert ungewöhnlich war oder nicht, kann bessere Ergebnisse liefern als das reine Mittel – je nachdem ob wir eine kurz- oder langfristige Vorhersage berechnen wollen.

Es kann daher sinnvoll sein, auszuwählen und einzelne Faktoren stärker zu gewichten, quasi eine Art Einzelfallbetrachtung. So schließt eine allgemeine Temperaturzunahme nicht aus, dass es in der konkreten Situation nicht doch ein besonders kaltes Jahr gibt. Genauso wenig bedeutet eine generelle Zunahme des Niederschlags, dass es vorübergehend nicht zu Dürren kommt. Wir schauen uns deshalb genau an, welche Werte wir für welche Art Vorhersagen verwenden müssen, um am Ende zuverlässigere Prognosen zu erhalten.

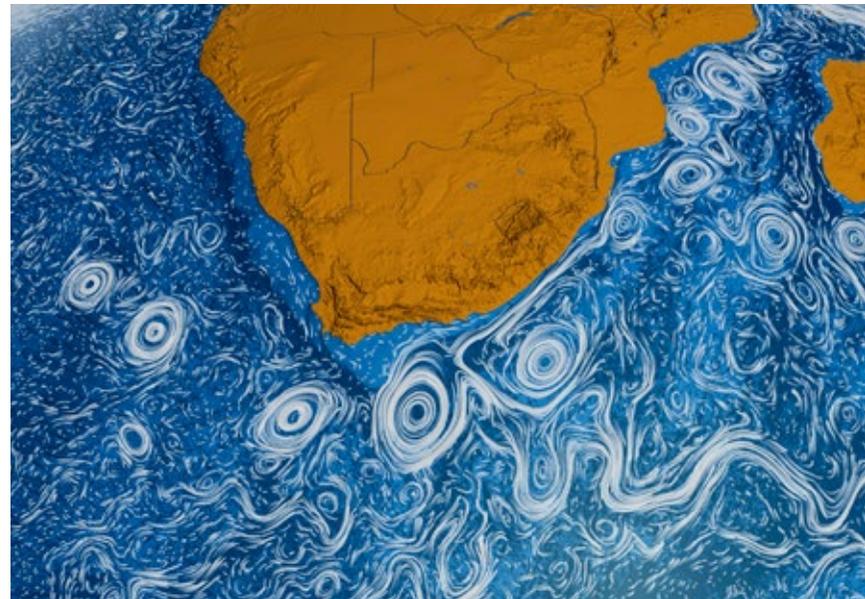
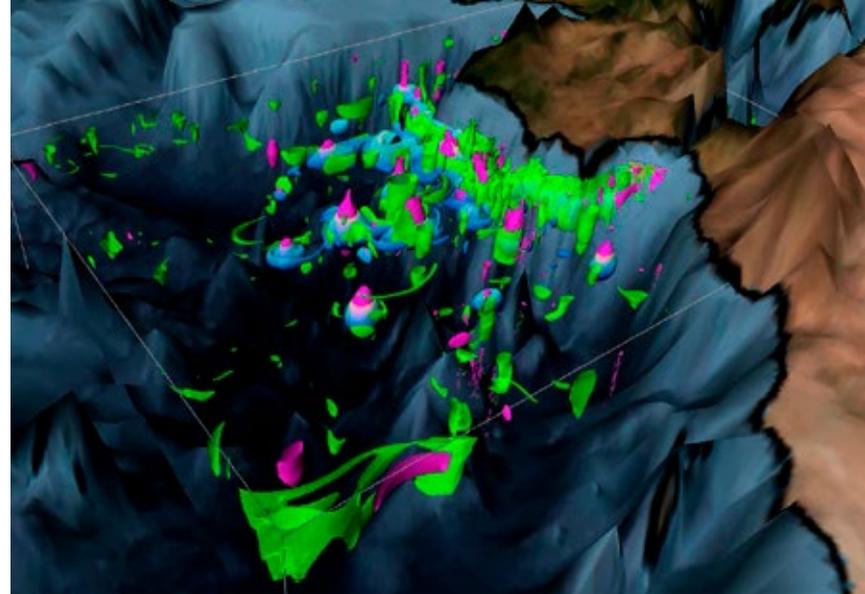
Prof. Johanna Baehr ist Leiterin der Klimamodellierung im Exzellenzcluster CLICCS der Universität Hamburg.



EIN BILD SAGT MEHR ALS 1000 ZAHLEN

Als Ozeanograf interessiert mich die Physik der Ozeane. Welche Kräfte setzen das Wasser der Weltmeere in Bewegung, welche Strömungsmuster gibt es? In den vergangenen 50 Jahren wurde auf diesem Gebiet viel neu entdeckt: Interne Wellen beispielsweise, die unter der Wasseroberfläche hunderte Kilometer zurücklegen können, oder rasch entstehende und wieder zerfallende Wirbel, die kurzzeitig enorme Wassermassen binden.

Wie der bekannte Golfstrom und andere Meeresströmungen sind sie Teil unseres Klimasystems, denn sie transportieren Wärme und Energie und verteilen sie um. Zusammen mit Kolleg:innen vom Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN) nehme ich die Wirbel unter die Lupe. Tatsächlich haben sie meinen Weg schon vor Jahren gekreuzt. Nur wusste ich das noch nicht, als ich die warme Strömung erforschte, die aus dem Mittelmeer kommend vor der Südküste meines Heimatlandes Portugal in den Atlantik fließt. An manchen Tagen bildet diese Strömung eine klar erkennbare Schicht, bis zu 200 Meter dick und drei Grad Celsius wärmer als das darüber liegende Wasser. An anderen Tagen





ist die Schicht dünner, und an manchen schlicht und ergreifend nicht da.

Um herauszufinden, warum das so ist, habe ich die Strömung am Computer nachgebildet. Dafür habe ich Informationen wie beispielsweise den Küstenverlauf eingespeist, dazu meine Messdaten und die physikalischen Gesetze, die auf der Erde gelten. Im Gegenzug lieferte der Rechner Zahlenkolonnen, die schwer zu interpretieren waren. Ein Aha-Erlebnis stellte sich ein, als ich sie in Bilder umzuwandeln begann. Dafür setzte ich viele Momentaufnahmen von Wassertemperaturen und Strömungen zu einem Film zusammen.

Auf einmal konnte ich sehen, wie sich die warme Strömung aus dem Mittelmeer im Atlantik verknäult und Wirbel bildet. Je nach Drehgeschwindigkeit nehmen diese eine breite und flache Form an oder sind schmaler und reichen in größere Tiefen – ähnlich wie eine Pirouetten drehende Eiskunstläuferin, die ihre Arme vom Körper abspreizt, um langsam zu rotieren, oder ihre Arme über den Kopf hebt, wenn sie schneller wird. Mein Film enthüllte, wie sich schnell drehende Wirbel um ihr Zentrum zusammenziehen; wie sich Lücken zwischen ihnen auftun und mit kaltem Atlantikwasser füllen. In solchen Lücken sucht man vergeblich nach warmem Wasser.

Seitdem arbeite ich mit Visualisierungen, wann immer es geht. Sie erleichtern es mir, komplexe Vorgänge zu durch-

schauen und Zusammenhänge herzustellen. Wie kürzlich ein Film, der das Meer über der Schwelle zwischen Grönland und Norwegen zeigt: dort, wo der Golfstrom endet und sein abgekühltes Wasser in die Tiefe des Atlantiks stürzt. Mithilfe der Visualisierung verstand ich, warum dies nicht kontinuierlich geschieht, sondern in einzelnen Schüben. Wieder sind Wirbel im Spiel: Immer wenn ein aus Norden heranziehender Wirbel über die Schwelle kommt, sinkt eine gewisse Menge Kaltwasser ab.

Tatsächlich sind Visualisierungen heute aus der Klima- und Erdsystemforschung nicht mehr wegzudenken. Einige Kolleg:innen haben sich sogar darauf spezialisiert: Im CEN-Visualisierungslabor animieren sie Ausflüge in fantastische Welten, die mit bloßem Auge unsichtbar sind. Für Forscher:innen, die sich mit so flüchtigen und chaotischen Phänomenen wie Wirbeln im Ozean befassen, sind diese Filme ein echter Gewinn. Sie helfen uns, die physikalischen Prozesse auf der Erde genauer zu verstehen – und damit auch das Klimasystem, seine Komponenten und mögliche Entwicklungen in der Zukunft.

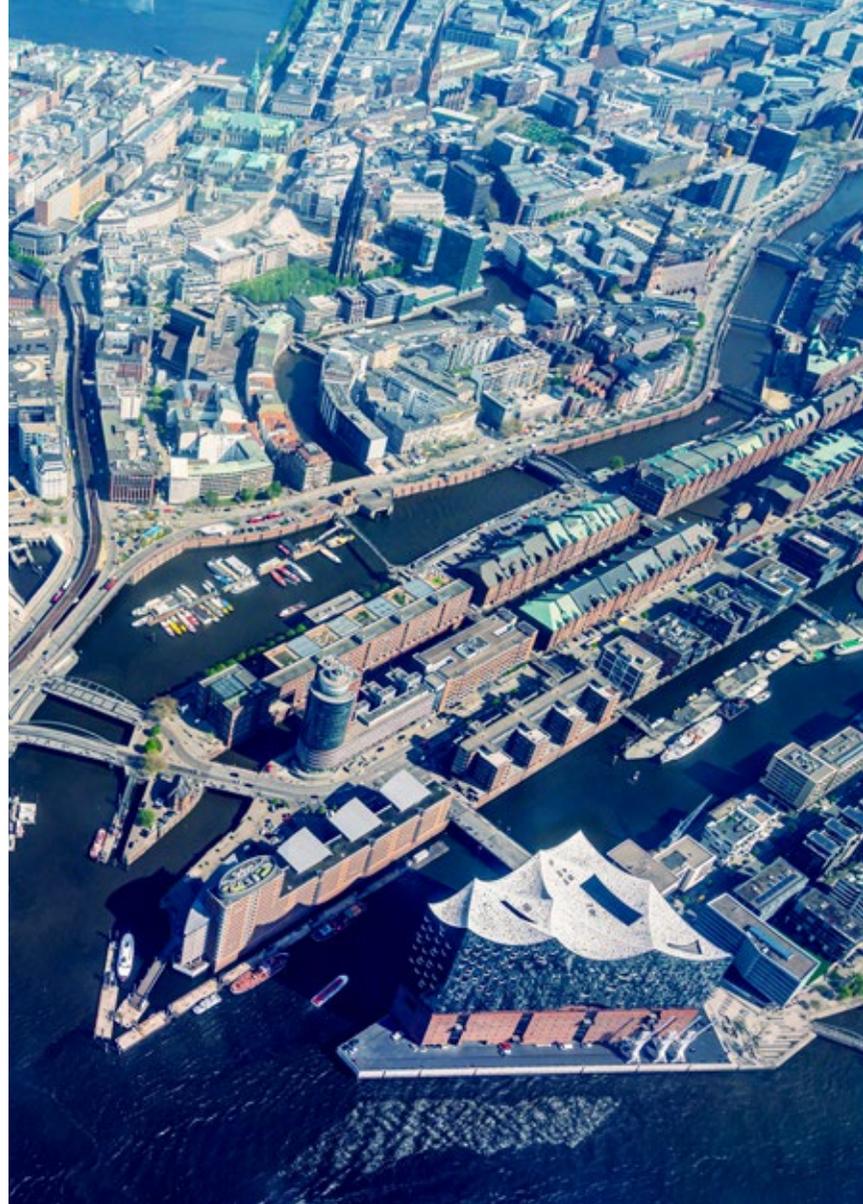
Dr. Nuno Serra ist Ozeanograf am Institut für Meereskunde der Universität Hamburg und Mitglied im Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit.

MIT WOTANS HILFE SCHAUEN, WIE DER WIND WEHT

Sägen, kleben, Daten jagen: Bis mir Hamburg im Kleinformat zu Füßen lag, hat es Monate gedauert. Erst musste ich herausfinden, wie jedes einzelne Gebäude zwischen Elbphilharmonie und Großmarkt aussieht.

Wie hoch ist es, welche Form hat das Dach, sind Durchgänge oder Überstände vorhanden? Ich habe Grundrisse von der Stadt angefordert oder selbst vor Ort nachgeschaut. Anhand der Informationen habe ich Zeichnungen angefertigt, diese zu einer der Werkstätten an der Universität Hamburg geschickt und im Anschluss hunderte Modellgebäude auf Holzplatten geklebt. Im Maßstab 1:500 ragten dreistöckige Häuser gerade mal 2,1 Zentimeter empork, die Elbphilharmonie 22 Zentimeter. Dann endlich kam der Moment, in dem ich „Wotan“ anschalten konnte.

Nun konnte ich im Grenzschicht-Windkanal beobachten, wie Luftströme durch Häuserschluchten und Hinterhöfe ziehen, wie sich Schadstoffe ausbreiten oder einzelne Gebäude den Wind ausbremsen: Wichtige Informationen für Planer:innen, die Städte fit für die Zukunft machen wollen.

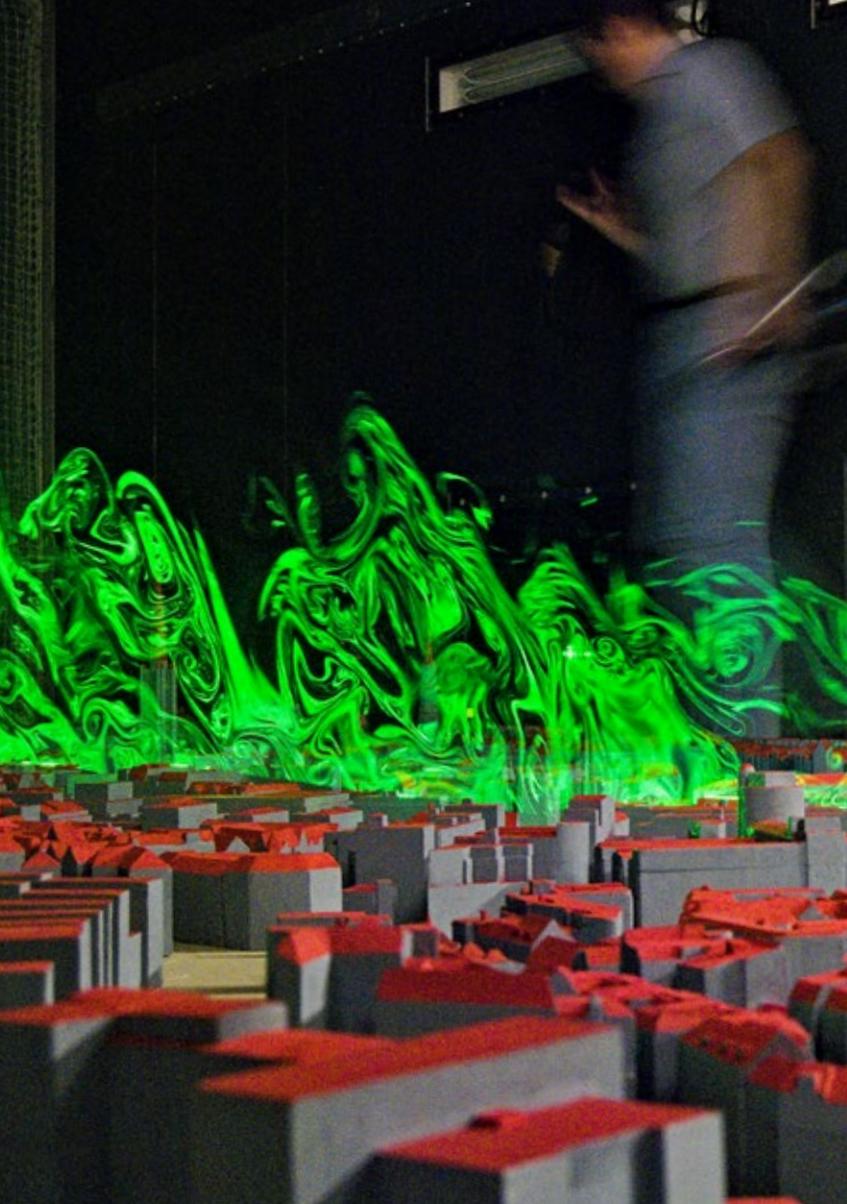


Denn der Klimawandel wird Metropolen besonders hart treffen; beispielsweise, wenn sie sich während häufigerer Hitzeperioden in Backöfen verwandeln, die nachts kaum abkühlen. Damit die Menschen trotzdem durchatmen und gesund bleiben können, beteilige ich mich zusammen mit Kolleg:innen vom Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN) an einem bundesweiten Forschungsprojekt zum Stadtklima. Immerhin leben weltweit – auch in Deutschland – die Hälfte aller Menschen in Städten.

Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer Software, die berechnet, wie der Wind durch eine Stadt weht und diese kühlt – und das schon, bevor die Stadt, der Stadtteil oder ein einzelnes Gebäude gebaut wird. Damit die Software möglichst genau rechnet, gleichen deren Entwickler:innen die Ergebnisse mit Messdaten ab. Messdaten aus der Natur bilden die Realität ab, sind aber auch verwirrend, weil unendlich viele Faktoren eine Rolle spielen: drehende Windrichtungen; Luftströmungen aufgrund der Erwärmung im Tagesverlauf; Fahrzeuge, die Luft in Bewegung setzen. Im Windkanal kann ich hingegen Daten erheben, die ausschließlich den Einfluss von Wind widerspiegeln.

Neben Hamburg habe ich weitere Ballungszentren als „Referenzstädte“ nachgebaut. Ihre Luftzirkulation unterscheidet sich erheblich. Während der Wind in Hamburg über die





weiten, offenen Wasserflächen ins Stadtzentrum fegen kann, staut sich die Luft in Stuttgart häufig zwischen den umliegenden Anhöhen. Und in Berlin erschwert die schiere Streckenlänge jedem Lüftchen den Weg von den Vororten ins Zentrum.

Beim Nachbau der Städte musste ich vieles beachten. So durften die Oberflächen der Gebäude nicht zu rau und nicht zu glatt zu sein, um die Messungen nicht zu verfälschen. Als ideales Material erwies sich Styrodur: ein Dämmstoff, feinporiger und stabiler als Styropor. Die Luft saugen wir durch den Windkanal ab, statt sie hinein zu blasen, und lassen den Luftstrom erst auf Hindernisse prallen, bevor er die Stadtzentren trifft. So wird er realitätsnah verwirbelt.

Keine der drei Städte ist im Hinblick auf die Belüftung der Zentren ideal geplant. Wie sollten sie auch: Sie sind historisch gewachsen, und ihre Anfänge reichen in eine Zeit zurück, als noch niemand ahnte, dass die Temperaturen einmal so stark steigen würden. Wie warm es noch werden wird, können wir nicht genau abschätzen. Aber wir müssen uns vorbereiten; beispielsweise, indem wir Städte so planen, dass sie ausreichend belüftet sind.

Kerstin Surm promoviert am Meteorologischen Institut und ist Mitglied des Centrums für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit.

WAS NORDFRIESEN ZUM KLIMASCHUTZ MOTIVIERT

„Wir sind Friesen, wissen Sie? Wir müssen den Klimawandel verhindern, ihn bekämpfen und abschwächen und uns anpassen.“ Mein Gesprächspartner fasst die Entschlossenheit vieler Menschen zusammen, die ich bei meiner Forschung in Nordfriesland kennengelernt habe.

Auf den nordfriesischen Inseln wie zum Beispiel Amrum oder Föhr spüren die Bewohner:innen den Klimawandel: Sie sehen neue Muster im Sand und führen diese auf eine veränderte Brandung und einen steigenden Meeresspiegel zurück. Sardinen und Meeräschen landen in den Fischernetzen – Arten die normalerweise weiter südlich leben. Auch neue Pflanzen finden sich im Wattenmeer. Stürme sind intensiver geworden und Sturmfluten laufen stärker und höher auf.

Einige Veränderungen zeigten mir die Insulaner:innen persönlich. In Interviews, die ich mit ihnen zu Hause und draußen in der Natur führte, erklärten sie mir, welche Blumen jetzt früher blühen und welche Vögel es hier bisher nicht gab. Im Klimaexzellenzcluster CLICCS untersuche ich, wie Menschen mit ihrer Heimat verbunden sind und wie die





wahrgenommenen Umweltveränderungen sie für den Klimaschutz motivieren. Dabei achte ich besonders auf ihre Sprache, denn sie zeigt mir, wie sich die Menschen fühlen und was sie über den Klimawandel in ihrer Heimat denken.

Gerade durch die Beobachtung der Natur können sie das abstrakte Phänomen Klimawandel konkret für sich festmachen. So wird der Klimawandel bei meinen Interviewpartner:innen – sinnbildlich – zum Gegner. Ihn zu verhindern, gleicht einem Kampf. Sie beschreiben ihn auch als Überhitzung der Erde oder fassen ihn religiös als Klimasünde. All diese Sprachbilder deuten auf eines hin: Ihre Heimat Nordfriesland ist ein vom Klimawandel bedrohter Raum.

In meiner Arbeit habe ich Sprachbilder in sechs verschiedene Konzepte zusammengefasst. Sie sind Deutungsraaster, mit denen die Menschen den Klimawandel bewerten und überlegen, ob und wie sie handeln. Ich verknüpfte dabei Sprachanalyse und Geografie, um mir die Lebenswelt der Insulaner:innen zu erschließen. So kann ich Wissen und Werte analysieren, auf sie eingehen und die Menschen besser verstehen.

Das ist wichtig, denn häufig fragen sich Forscher:innen, warum die Bürger:innen so wenig gegen den Klimawandel tun, obwohl es eine Fülle Fakten und wissenschaftlicher Informationen gibt. Das stimmt aber nicht ganz, denn viele Menschen beschäftigt das Thema im Alltag: Sie verzichten auf

Flugreisen und auf ein eigenes Auto, fahren Zug und sparen Energie. Sie wollen etwas tun, auch wenn es nur Kleinigkeiten sind. Doch für ihr Handeln ist der Bezug zur eigenen Lebenswelt wichtig und nicht allein wissenschaftliche Fakten und Informationen.

Meine Ergebnisse zeigen, dass wir lokales Wissen unbedingt berücksichtigen sollten, um zu überlegen, was beim Klimaschutz möglich ist. Es geht darum, Maßnahmen auch auf lokaler Ebene auszuhandeln, denn insgesamt gibt es eine große Bereitschaft, das Klima zu schützen. Diese Motivation hängt ganz erheblich mit der Ortsliebe und dem Heimatgefühl der Menschen zusammen.

Nach meiner Erfahrung handeln Lokalpolitiker:innen auf den Inseln in diesem Punkt sehr umsichtig. Sie sind mit ihrer Insel und den Leuten verbunden, nehmen die Menschen ernst und streiten jenseits des Parteibuchs in der Sache, weil sie ihre Region „klimafit“ machen möchten. Dieses Engagement bestärkt wiederum mich und zeigt mir: Tu etwas, auch wenn es nur kleine Dinge sind!

Dr. Martin Döring ist Sprachwissenschaftler und Experte für sozialwissenschaftliche Klimaforschung im Klimaexzellenzcluster CLICCS an der Universität Hamburg.



Bildnachweis

©picture alliance/ZUMAPRESS.com/Ana Fernandez (Titel), ©Mohamed Abdulraheem/shutterstock (Titel innen), ©LegART/iStock (S. 5), ©Henrik_L/iStock (S. 7 o.), ©helovi/iStock (S. 7 u.), ©PetrBonek/iStock (S. 8/9), ©Fotofreak75/iStock (S. 10 o.), ©Goldi59/iStock (S. 10 u.), ©P_Wei/iStock (S. 13 o.), ©Livia Rasche/CEN/UHH (S. 13 u.), ©Harry Wedzinga/iStock (S. 15 o.), ©Jae Young Ju/iStock (S. 15 u.), ©Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL (S. 16 o.), ©Alexander Grau (S. 16 u.), ©SolStock/iStock (S. 19 o.), ©picture alliance/Photoshot (S. 19 u.), ©C. Haagen mit freundlicher Genehmigung von Alnatura (S. 20), ©NataliaDeriabina/iStock (S. 23 o.), ©picture alliance/dpa/Daniel Bockwoldt (S. 23 u.), ©Suzanne Plunkett/Greenpeace (S. 25 o.), ©picture alliance/dpa/TASS /Yuri Smityuk (S. 25 u.), ©picture alliance/KEYSTONE/STR (S. 29 o.), ©picture alliance/KEYSTONE/STR (S. 29 u.), ©picture alliance/dpa/Georg Wendt (S. 30/31), ©Norman Rössger/CEN/UHH (S. 35 o.), ©Norman Rössger/CEN/UHH (S. 35 u.), ©AleksandrLutchenko/iStock (S.36/37), ©imagedepotpro/iStock (S. 41), ©Deutsches Klimarechenzentrum/CEN/UHH (S. 42 o.), ©NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio (S. 42 u.), ©Martin Seifert/Wikimedia commons/https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode (S. 45 o.), ©picture alliance/dpa/Christophe Gateau (S. 45 u.), ©Felicia Brisc/CEN/UHH (S. 47 o.), ©NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio (S. 47 u.), ©Japan's Fireworks/shutterstock (S. 48/49), ©ThomasFluegge/iStock (S. 53), ©EWTL/CEN/UHH (S. 55 o.), ©EWTL/CEN/UHH (S. 55 u.), ©EWTL/CEN/UHH (S. 56), ©Tuned_In/iStock (S. 59), ©Pusteflower9024/iStock (S. 60), ©picture alliance/dpa/Maja Hitij (S. 63)

Herausgeber

Exzellenzcluster Climate, Climatic Change, and Society (CLICCS)
am Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN)
Universität Hamburg
www.cliccs.uni-hamburg.de
www.cen.unihamburg.de

Redaktion

Julika Doerffer, Stephanie Janssen, Christina Krätzig, Ute Kreis
und Franziska Neigenfind
CLICCS / CEN

Gestaltung

HAAGEN design, Hamburg

Auflage: 3.000

Hamburg, 2021

mit freundlicher Unterstützung des Hamburger Abendblatts



LOKAL GEDRUCKT
Reset St. Pauli
in Hamburg



ZUM INHALT

Welche Rolle spielen die Wassertemperaturen im Atlantik für die Wettervorhersage? Was motiviert Menschen in Nordfriesland, sich für den Klimaschutz zu engagieren? Wie lassen sich Pestizide sinnvoll einsetzen? Ein Computermodell errechnet die tatsächlichen Kosten – einschließlich der Folgen für Natur und Gesundheit.

In einer Artikelserie des Hamburger Abendblatts geben Wissenschaftler:innen des Exzellenzclusters CLICCS und des Forschungszentrums CEN der Universität Hamburg regelmäßig Antwort – unkompliziert und leicht verständlich. In unserem zwölften Lesebuch haben wir zehn Beiträge der Serie für Sie zusammengestellt.

www.cliccs.uni-hamburg.de

www.cen.uni-hamburg.de

Twitter: @CENunihh

