



Universität Hamburg

DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG



# WARUM IN BRASILIEN ZUCKER-AUTOS FAHREN

ZEHN KLIMAFORSCHER BERICHTEN





# WARUM IN BRASILIEN ZUCKER-AUTOS FAHREN

ZEHN KLIMAFORSCHER BERICHTEN

Ein Lesebuch der Hamburger Erdsystemforschung

## INHALT

4	BAUMINVENTUR
10	ZUCKER-AUTOS
16	KOMMUNIKATION
22	WINDENERGIE
27	BODENSCHUTZ
34	FISCHGRÜNDE
41	EL NIÑO
44	FOSSILIEN
49	NORDSEE
55	ETHNOLOGIE

## NEUE KLIMAGESCHICHTEN AUS HAMBURG

Geld sparen und gleichzeitig das Klima schützen? Häufig ein Widerspruch – aber in Brasilien hat genau das funktioniert. Die Menschen dort haben die Industrie dazu bewegt, „Zucker-Autos“ zu produzieren, die klimaneutralen Kraftstoff verbrennen. Welche Faktoren spielten dabei eine wichtige Rolle? Diese und andere Fragen rund um den Klimawandel untersuchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN). Dieses Lesebuch zeigt die Vielfalt ihrer Arbeit. Erfahren Sie beispielsweise, ob Offshore-Windanlagen die Temperaturen an der Küste beeinflussen oder wie viele Bäume insgesamt auf der Erde wachsen – und wie das unser Klima prägt.

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

Viel Spaß beim Schmökern!

## **GLOBALE ZÄHLUNG: WELTWEIT DREI BILLIONEN BÄUME**

Grüne Lunge, Luftfilter, Klimaanlage – Wälder sind wahre Multitalente und erfüllen wichtige Funktionen für das Klima. Sie wandeln Kohlendioxid in Sauerstoff um und reinigen die Luft. Baumkronen setzen Sonnenenergie in Wasserdampf um und haben dadurch einen kühlenden Effekt auf die Atmosphäre.

Wälder speichern gigantische Mengen Kohlenstoff. Werden sie gerodet, so gelangt der Großteil als Kohlendioxid in die Atmosphäre. Intakte artenreiche Wälder sind besonders produktiv und binden große Mengen Kohlenstoff. Doch wie viele solcher Wälder wachsen eigentlich auf der Erde und wie viele Bäume gibt es insgesamt?

Um diese Fragen zu beantworten, haben meine Kollegen und ich einen ganz besonderen Wald in Kirgisistan erforscht. In der ehemaligen Sowjetrepublik gibt es zwar insgesamt nur wenig Wald, doch in der Hochgebirgssteppe des Tien-Shan-Gebirges befindet sich ein einzigartiges Ökosystem: die sogenannten Walnuss-Wildobst-Wälder mit etwa 180 verschiedenen Baum- und Straucharten. Hier wachsen große knorrige





Walnussbäume neben wilden Äpfeln, Birnen und Pflaumen. Diese Wälder im Süden des Landes sind die größten ihrer Art weltweit.

Wie reagieren diese Landschaften auf den Klimawandel? Wie stark werden sie von den Menschen in der Region beansprucht? Dies haben wir untersucht und die Bäume gleichzeitig mithilfe von GPS und Maßband vermessen und gezählt. Unsere Kartierung in der abgelegenen Region ist Teil einer großen internationalen Studie, welche die Bäume auf der ganzen Welt erfasst. Auf dem gesamten Globus wurden dabei mehr als drei Billionen Bäume gezählt – das sind sieben Mal mehr als bisher angenommen.

Bisherige Schätzungen basierten lediglich auf Satellitenbildern. Diese sind jedoch häufig ungenau, da sie vor allem die Kronen der Bäume abbilden. Die jungen und kleineren Bäume in den niedrigeren Schichten werden dabei nicht erfasst. Deshalb vervollständigen Forstinventuren, Bodendaten sowie Kartierungen wie zum Beispiel unsere Erfassung von Vegetation und Landnutzung das Bild. Über 400.000 Datensätze aus 50 Ländern sind in die Studie eingeflossen. Jetzt können wir viel genauer sagen, wie viel Land mit Bäumen bedeckt ist und wie dicht diese Wälder sind.

Doch die überraschend hohe Zahl der Bäume ist nur die eine Seite der Medaille. Unsere Studie zeigt auf der anderen

Seite auch, dass die Wälder weltweit in immer schnellerem Tempo verschwinden. Derzeit werden jährlich über 15 Milliarden Bäume verbrannt oder gefällt. Das belastet die Atmosphäre gleich doppelt: Zum einen entsteht direkt bei der Verbrennung das Treibhausgas Kohlendioxid. Zum anderen fehlen die Bäume als Kohlenstoffspeicher.

Auch die Walnusswälder im Tien Shan sind bedroht. Denn seit Auflösung der Sowjetunion werden sie sehr intensiv genutzt. Kirgisistan ist arm, viele Menschen sind arbeitslos und schlagen illegal Bäume, um Brennholz zu gewinnen. Schafe und Ziegen grasen unter den Bäumen – eine enorme Belastung für den Wald. Die Tiere fressen dabei vor allem die Jungpflanzen, wodurch die Wälder überaltern. Um die Überweidung einzudämmen, schlagen wir Schritte hin zu einer nachhaltigen Landnutzung vor. Nur so können die einzigartigen Wälder in Zukunft besser geschützt werden.

---

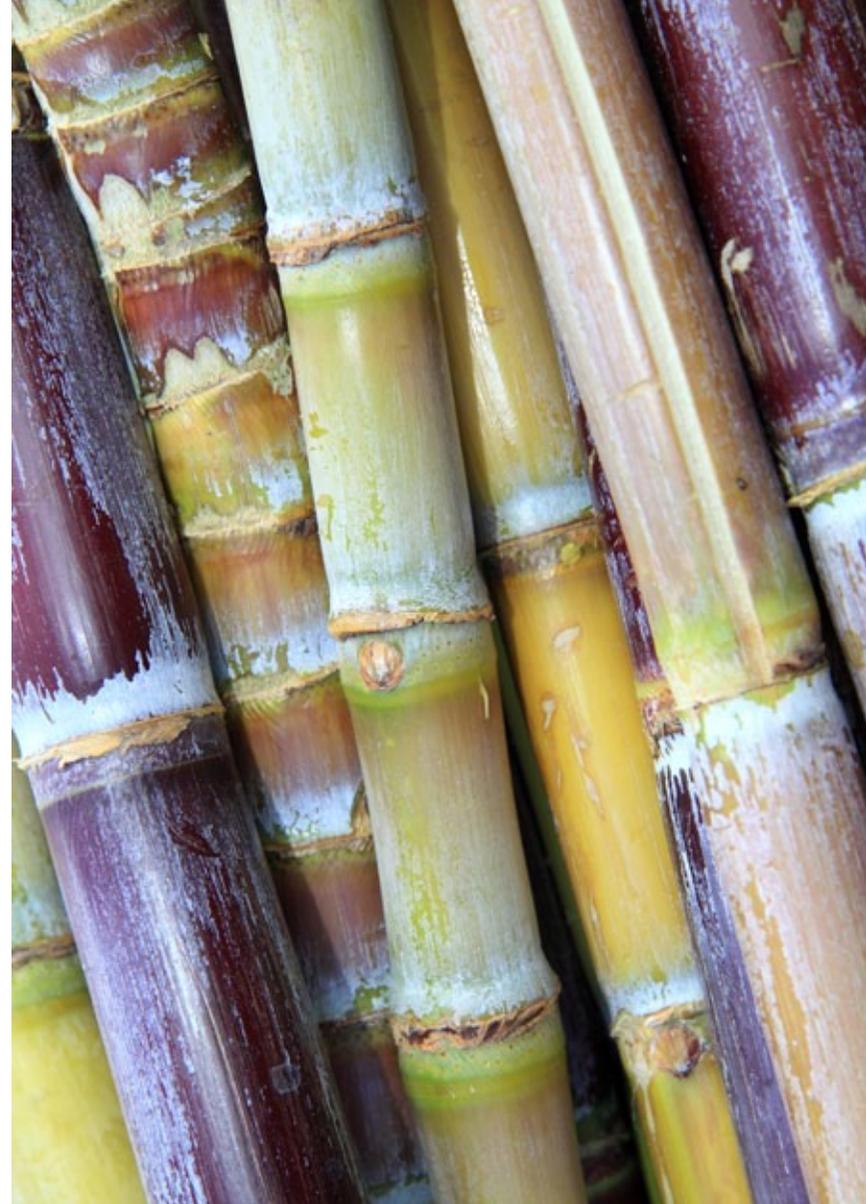
**Dr. Peter Borchardt** forscht in der Arbeitsgruppe Biogeographie und Landschaftsökologie am Institut für Geographie und ist Mitglied im Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit an der Universität Hamburg.

## WARUM IN BRASILIEN ZUCKER-AUTOS FAHREN

Je nach Preis flexibel Kraftstoff tanken – was sich viele Autofahrer in Deutschland wünschen, ist in Brasilien schon länger Realität. Fast alle Autos, die heute auf den Straßen Brasiliens fahren, sind sogenannte Flex-Fuel-Fahrzeuge. Sie lassen sich sowohl mit Benzin als auch mit Bioethanol betanken, das in Brasilien klimaneutral aus Zuckerrohr gewonnen wird.

Die Technologie hat sich in Brasilien in extrem kurzer Zeit durchgesetzt: 2002 war der Flex-Fuel-Antrieb noch nicht auf dem Markt, zwei Jahre später verfügten bereits 60 Prozent der Neuwagen über den flexiblen Antrieb. Wie konnte sich diese Technologie so ungewöhnlich schnell verbreiten?

Um diese Frage zu beantworten, sprach ich mit Regierungsbeamten, Politikern, Ingenieuren, Automanagern und Verbandslobbyisten in Brasilien und wertete Studien und Dokumente aus den Jahren vor und während des Flex-Fuel-Booms aus. Das Ergebnis hat mich überrascht: Vor dem Boom interessierten sich die wichtigen Akteure aus Politik und Wirtschaft gar nicht für die Flex-Fuel-Technologie. Trotzdem hat



<b>GNV</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>9</b> <sup>9</sup>
<b>D</b> DIESEL S10	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>9</b> <sup>9</sup>
<b>D</b> DIESEL	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>4</b> <sup>9</sup>
<b>E</b> ETANOL	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>9</b> <sup>9</sup>
<b>G</b> GASOLINA COMUM	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>9</b> <sup>9</sup>
<b>G</b> GASOLINA ADITIVADA	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>9</b> <sup>9</sup>



sich der Flex-Fuel-Antrieb durchgesetzt. Der entscheidende Impuls ging von den brasilianischen Autofahrern selbst aus.

Vor dem Flex-Fuel-Boom fuhren Brasilianerinnen und Brasilianer Fahrzeuge, die entweder Benzin oder Bioethanol tanken konnten. Die brasilianische Regierung hatte die Herstellung von Bioethanol und die Produktion von Ethanol-Autos stark gefördert. Das Problem für die Autofahrer: Die Preise der Kraftstoffe schwankten auch aufgrund wechselnder Regierungspolitik so stark, dass mal Benzin, mal Bioethanol viel günstiger war. Viele tankten den jeweils günstigeren Kraftstoff. Das ging auf Dauer oft nicht gut, die Motoren versagten. Taxis blieben regelmäßig im Straßenverkehr liegen.

Und nun geschah etwas, das in der Forschung als Bottom-up-Prozess bezeichnet wird, also ein Prozess, der von unten initiiert und nicht vom Top-Management oder der Regierung von oben herab verordnet wird: In den Entwicklungsabteilungen wurde begonnen, mit Software zu experimentieren, die den Motor so einstellt, dass er beide Kraftstoffarten oder Gemische verarbeiten kann. Ein Ingenieur erzählte mir, dass er die Software erstmals beim Wagen seiner Frau ausprobierte, da er kein Geld für seine Experimente erhielt.

Ingenieure, Zulieferer und Software-Entwickler begannen, sich über Firmengrenzen hinweg über die Flex-Fuel-Technologie auszutauschen, bis auch die Führungsbe-

nen die große Nachfrage erkannten und die Marktchance ergriffen.

Die brasilianische Bevölkerung hat sich mit dem millionenfachen Kauf von Flex-Fuel-Autos an eine schwankende Regierungspolitik angepasst, die mal die eine, mal die andere Kraftstoffindustrie fördert. Das Flex-Fuel-Auto wird deshalb von vielen sogar als „national car“ – als Auto mit nationaler Identität – gesehen, welches am besten zu den politischen Kurswechseln im Land passt.

---

**Dr. Daniele Vieira do Nascimento** hat an der Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften der Universität Hamburg promoviert und war Mitglied im Exzellenzcluster für Klimaforschung CliSAP. Heute arbeitet sie für die UNESCO.

## GROSSER ERKLÄRUNGSBEDARF ZUR KLIMAPOLITIK

Die UN-Klimakonferenz in Paris 2015 lenkte die globale Aufmerksamkeit der Medien auf das Thema Klimawandel – das barg Chancen und Risiken. Meine Forschungsgruppe hat untersucht, wie sich die Berichterstattung ausgewirkt hat.

Für unsere Studie haben wir über 2.000 Personen vor, während und nach dem Weltklimagipfel in Paris befragt. Wie gut wissen die Befragten über die Ziele der Konferenz Bescheid? Wie stehen sie zum Klimawandel? Sind sie bereit, selbst aktiv zu werden – und ändert sich diese Bereitschaft im Verlauf des Gipfels? Obwohl rund drei Viertel der Befragten durch die Medien vom Weltklimagipfel gehört hatten, konnten vorab weniger als ein Drittel der Probanden die konkreten Ziele des Gipfels nennen oder das Zwei-Grad-Ziel erklären.

Die Konzentration der Berichterstattung auf solche Großereignisse birgt Risiken: Die Erwartungen der Öffentlichkeit sind hoch. Wenn sich die Politiker nicht auf verbindliche Ziele einigen können, droht Resignation. Die Klimakonferenz in Kopenhagen 2009 ist ein Beispiel dafür. Damals nahmen





3.200 Journalisten teil. Nach dem enttäuschenden Ergebnis kamen in den folgenden Jahren nicht einmal halb so viele Journalistinnen und Journalisten zu den Gipfeln. Die Berichterstattung zum Thema versiegte in einigen Medien vollständig. Zum Klimagipfel in Paris kehrte die Aufmerksamkeit zurück, da endlich das ersehnte globale Klimaabkommen in Reichweite lag.

Für mich als Kommunikationswissenschaftler war das eine spannende Phase. Mit meinem Team erforsche ich, wie sich die Debatten entwickeln und welche Rolle Journalismus, Wissenschaft und andere Akteure spielen. Sie stehen vor der Aufgabe, die komplexen Szenarien der Klimaforschung oder die politische Gemengelage auf einer Klimakonferenz kurz und einfach zu erklären.

Der Berichterstattung zur UN-Weltklimakonferenz in Paris ist das nur teilweise gelungen. Nach Abschluss der Konferenz hatte immerhin ein Teil der Befragten ihre Kenntnisse erweitert: 36 statt vorher 28 Prozent kannten die Ziele des Gipfels, 21 Prozent (vorher: 14 Prozent) wussten, was es mit dem Zwei-Grad-Ziel auf sich hat. Allerdings war 80 Prozent der Befragten weiter nicht klar, dass die Menschheit ihre Treibhausgas-Emissionen bisher noch nicht reduziert hatte. Es zeigt sich also, dass der Journalismus Wissen unmittelbar zum Ereignis vermittelt hat, wie zum Beispiel das Ziel des Gipfels. Dagegen blieb grundlegendes Hintergrundwissen auf der Strecke.

Wenig verändert ein Klimagipfel an den Einstellungen zu Klimawandel und Klimapolitik. Allerdings zeigte sich eine Art Beruhigungseffekt, darum haben wir unseren Artikel, der im Oktober 2017 im Fachjournal *Nature Climate Change* erschienen ist, ‚The appeasement effect‘ genannt: Signifikant mehr Befragte glaubten nach dem Gipfel, dass die internationale Gemeinschaft durch Klimaabkommen in der Lage ist, etwas gegen die Erderwärmung zu tun. Weniger Befragte als vorher forderten, dass Deutschland eine Führungsrolle einnehmen sollte. Die Bereitschaft, selbst aktiv zu werden, stieg ebenfalls nicht an.

Der gefeierte Gipfel in Paris lullte die Menschen offenbar ein. Gerade heute sind aber kritische, investigative Journalisten und aufmerksame Bürger gefragt, zu prüfen, ob die Regierenden eigentlich ihre klimapolitischen Versprechen von damals eingehalten haben. Politik wird sich nur dann ändern, wenn Regierungen, die ihre Versprechen brechen, auch fürchten müssen, abgewählt zu werden.

---

**Prof. Michael Brüggemann** ist Kommunikationswissenschaftler an der Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften und Mitglied des Centrums für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit der Universität Hamburg.

## **GROSSE OFFSHORE-WINDPARKS KÜHLEN KÜSTE LEICHT AB**

Das Prinzip ist so alt wie die Windmühle selbst: Weht der Wind stark genug, drehen sich die Flügel und wandeln die Energie der bewegten Luft in mechanische Energie um. Moderne Windkraftanlagen erzeugen daraus elektrischen Strom. Derzeit sind es gute 18 Prozent im Strom-Mix Deutschlands – Tendenz steigend.

Großes Potenzial bieten dabei Windkraftanlagen auf dem Meer. Hier weht der Wind beständiger und stärker als an Land. Deshalb können die sogenannten Offshore-Parks mehr und gleichmäßiger Strom erzeugen. Doch die riesigen Rotoren bremsen die Luftströmungen über dem Meer. Könnte sich dies auf das Klima an den Küsten auswirken? Ob es einen solchen Einfluss gibt, ist bislang kaum erforscht.

Deshalb habe ich für das Jahr 2050 ein Szenario mit 9000 Windkraftanlagen in der Deutschen Bucht simuliert. Das wäre ein echter Offshore-Gigant, der mit einer Anlagenleistung von 90 Gigawatt etwa 90 Millionen Haushalte mit Strom versorgen könnte. Da ein so großer Park keinen Platz mehr für die Schifffahrt lässt, ist dies allerdings ein rein fiktives Beispiel.

Uns Meteorologen erlaubt es aber eine aussagekräftige Einschätzung über die Auswirkungen großflächiger Offshore-Parks. Denn in anderen Ländern entstehen bereits jetzt riesige Anlagen. Beispielsweise baut China derzeit einen Windpark mit einer geplanten installierten Leistung von 20 Gigawatt. Im Jahr 2020 soll er fertig sein.

Mit einem Computermodell habe ich berechnet, wie sich im Sommer die Bewegung der Rotoren auf die Temperatur und das Windfeld auswirken würde. Unser Transport- und Strömungsmodell der Atmosphäre METRAS beruht auf physikalischen Gleichungen, die dreidimensional gelöst werden. So konnte ich unter anderem Werte für Wind, Temperatur und Feuchte ermitteln.

Das Ergebnis: Eine intensive Nutzung der Windenergie in der Deutschen Bucht, wie in meinem Szenario beschrieben, würde dazu führen, dass die mittlere sommerliche Temperatur an der deutschen Nordseeküste und in Schleswig-Holstein um etwa 0,3 Grad sinkt – sowohl am Tag als auch in der Nacht. Tagsüber würde sich sogar das 100 Kilometer entfernte Hamburg um 0,1 Grad abkühlen. Doch wie entsteht dieser Effekt?

Hierbei spielt der Wärmeaustausch zwischen Meer und Atmosphäre die entscheidende Rolle. Betrachtet man die Tages- und Nachttemperaturen zusammen, so ist die Temperatur der Nordsee im Sommer im Durchschnitt höher als die



der Luft. Mithilfe des Windes erwärmt das Meer die Luft leicht. Drehen sich nun die riesigen Rotoren, so drosseln sie die Windgeschwindigkeit und reduzieren damit den Wärmeaustausch zwischen Wasser und Luft. Im Bereich des Windparks wird die Luft deshalb etwas kühler. Der Westwind transportiert nun diese kühlere Luft nach Schleswig-Holstein und Hamburg.

Große Windparks haben aber noch einen zweiten Effekt. Wenn die Rotoren dem Wind Energie entziehen und die Luftströmung verringern, wird der fehlende Wind auf Höhe der Rotoren aus den umgebenden Luftschichten aufgefüllt. Dadurch verändern die Windräder das Windfeld auch in weiterer Entfernung. Doch beide Effekte sind reversibel, das heißt, die Effekte verringern sich nach dem Abschalten der Windkraftanlagen. Meine Simulationen zeigen, dass der Einfluss auf Temperatur und Windfeld nach Abschalten der Windkraftanlagen innerhalb von Stunden verschwindet.

---

**Dr. Marita Boettcher** hat am Meteorologischen Institut der Universität Hamburg promoviert und ist Mitglied im Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit.

## **INTAKTE NATUR HILFT, TREIBHAUSGASE ZU REDUZIEREN**

Mais und Raps soweit das Auge reicht – Pflanzen, die zu Biogas und Biodiesel verarbeitet werden, prägen viele Äcker Europas. Bioenergie gilt als klimafreundlich, da Pflanzen bei der Verbrennung nur die Menge Kohlendioxid freisetzen, die sie der Atmosphäre während des Wachstums entzogen haben. Auch die Windkraft soll Treibhausgase reduzieren.

Doch was dem Klima hilft, kann der Natur schaden: Im Falle der Mais- und Rapsfelder sind es Monokulturen und Pestizide. Windräder dagegen stören Vogelzugrouten und können für Vögel und Fledermäuse zur tödlichen Falle werden. Die Beispiele zeigen, wie schwierig es ist, den Klimawandel abzumildern und gleichzeitig Lebensräume für Tiere und Pflanzen zu bewahren.

Als Umweltwissenschaftlerin erforsche ich zusammen mit Ökonomen, wie sich die Ziele des Natur- und Klimaschutzes kostengünstig verbinden lassen. Dabei konzentrieren wir uns auf die Böden, die eine wichtige Leistung für das Klima erbringen. Sie sind der größte Speicher für organischen



Kohlenstoff und enthalten sogar doppelt so viel Kohlenstoff wie die Atmosphäre. Wahre Schätze sind hier Schutzgebiete wie intakte Moore, Sümpfe und Flussauen. Sie bieten Lebensraum für bedrohte Arten. Gleichzeitig binden sie deutlich mehr Kohlenstoff im Boden als andere Gebiete: Rund 12 Prozent der weltweiten Landfläche sind geschützt, speichern aber gut 15 Prozent des gesamten Bodenkohlenstoffs der Erde. Intakte Ökosysteme sind also gut für Tiere und Pflanzen – und das Klima. Werden Böden jedoch entwässert, entweicht der Kohlenstoff in Form von Treibhausgasen.

Um das Potenzial der europäischen Naturschutzgebiete für den Klimaschutz zu ermitteln, haben wir die sogenannten Natura-2000-Gebiete der Europäischen Union untersucht. Drei Faktoren waren dabei ausschlaggebend: Räumliche Daten wie Größe und Grenzen der Schutzgebiete, der Kohlenstoffgehalt in der obersten Bodenschicht und der durchschnittliche Hektarpreis. Diese Faktoren haben wir mithilfe von Geo-Informationssystemen verknüpft. Geo-Informationssystemen sind computergestützte Programme, mit denen räumliche Daten verarbeitet werden. So erhielten wir ein Raster mit mehr als vier Millionen Datensätzen, die wir statistisch ausgewertet haben. Besonders wichtig war uns die hohe Auflösung des Rasters. Seine Maschenweite beträgt nur einen Kilometer.





Unsere Analysen haben gezeigt, dass Schutzgebiete häufig sehr viel Bodenkohlenstoff aufweisen: Durchschnittlich enthalten Natura-2000-Gebiete 7,5 Prozent Kohlenstoff und damit rund zehn Prozent mehr als nicht geschützte Gebiete. Außerdem fanden wir heraus, dass Schutzgebiete oft dort eingerichtet werden, wo die Landwirtschaft weniger ertragreich ist als in anderen Gebieten. Der durchschnittliche landwirtschaftliche Wert betrug bei Flächen innerhalb der Natura-2000-Gebiete zum Untersuchungszeitpunkt etwa 6000 Euro, bei den nicht geschützten Gebieten knapp 7000 Euro pro Hektar.

Mit unserer Methode können wir bisher nicht geschützte Gebiete mit hohem Kohlenstoffanteil und niedrigem Landpreis aufspüren. Dies kann helfen, das europäische System der Schutzgebiete klimafreundlich und kostengünstig zu erweitern. Würden Naturschutzgebiete stärker in die Klimapolitik einbezogen, ließe sich der Ausstoß von Treibhausgasen auf natürliche Weise verringern.

---

**Dr. Kerstin Jantke** arbeitet an der Forschungsstelle Nachhaltige Umweltentwicklung der Universität Hamburg und ist Mitglied im Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit.

## DAS RÄTSEL DER AUSBLEIBENDEN SCHWARMFISCHE

Vor der Westküste des südlichen Afrikas strömt der kalte Benguela-Strom Richtung Äquator. Dies ist eine der fischreichsten Regionen der Erde. In den 1980er Jahren gingen die Fischbestände im Benguela-Gebiet jedoch rapide zurück.

Statt der ursprünglich in großer Zahl vorkommenden Schwarmfische wie Sardine und Hering zogen die Fischer massenhaft Quallen aus dem Meer. Den Menschen in Angola, Namibia und Südafrika ging eine wichtige Einnahmequelle verloren. Könnte das bereits eine Folge des Klimawandels gewesen sein?

Weltweit arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler daran, das Benguela-Gebiet und dessen Veränderungen zu analysieren. Viele Teilprozesse werden untersucht, um das Puzzle zusammzusetzen. Im Zentrum meiner Forschung steht die Frage, wie die dortigen Ökosysteme auf den globalen Klimawandel reagieren.

Das Benguela-Gebiet ist eines der großen ozeanischen Auftriebsgebiete, in denen Wasser aus der Tiefe nach oben





steigt. Der Auftrieb ist ein komplexes Zusammenspiel von Winden und der Bewegung des Ozeans durch die Drehung der Erde. Der hier stetig wehende Südostpassat treibt das Oberflächenwasser seewärts. Zum Ausgleich strömt an der Küste kaltes Wasser aus Tiefen bis zu 200 Metern an die Meeresoberfläche und bringt große Mengen Nährstoffe mit. Dadurch vermehren sich pflanzliche und tierische Organismen – eine optimale Nahrungsgrundlage für Fische.

In unserem Forschungsprojekt konnten wir jetzt einige Puzzleteile des Benguela-Auftriebs zusammensetzen. Mit meiner Kollegin Nele Tim habe ich zunächst untersucht, wann genau das Wasser wohin strömt. Mit Daten aus Meeressedimenten, Wetteraufzeichnungen und Computersimulationen konnten wir zeigen, dass der Auftrieb nicht immer gleich verläuft. Es gibt sowohl Schwankungen zwischen den Jahreszeiten als auch über längere Zeiträume von Jahren bis zu Jahrzehnten. Gleichzeitig gibt es Unterschiede zwischen dem nördlichen und südlichen Benguela-Gebiet.

Anschließend untersuchten wir die Windverhältnisse. Die Winde sind die Antreiber der Wasserbewegungen. Wir werteten Größen wie Luftdruck und die Intensität der wasernahen Windströmungen statistisch aus. Die Ergebnisse zeigen, dass drei Faktoren den Auftrieb im Benguela-Gebiet intensivieren: Ein verstärktes Hochdruckgebiet über dem Süd-

atlantik, ein kräftig wehender Südostpassat und ein starker Luftdruckunterschied zwischen dem Ozean und dem angrenzenden Land. Diese Faktoren beeinflussen maßgeblich die Wasserzirkulation und damit die Nährstoffversorgung der Organismen. Schwächt sich beispielsweise das Hochdruckgebiet über dem Südostatlantik ab, weht auch der Südostpassat weniger stark und der Auftrieb geht zurück.

Um zu ermitteln, wie der Klimawandel diese Prozesse beeinflusst, hat Nele Tim mit Rechenmodellen die vergangenen 1000 Jahre analysiert. Demnach sind die natürlichen Schwankungen der Windverhältnisse so groß, dass die Auswirkungen des menschengemachten Klimawandels bisher nicht ins Gewicht fallen. Steigen die Treibhausgasemissionen bis 2100 allerdings weiter wie bisher, könnte das den Auftrieb deutlich verstärken – mit bisher unbekanntem Folgen für das Ökosystem.

---

**Prof. Kay-Christian Emeis** ist Geologe und Mitglied im Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit der Universität Hamburg sowie Leiter des Instituts für Biogeochemie im Küstenmeer am Helmholtz-Zentrum Geesthacht.



## WIRKT SICH DAS KLIMAPHÄNOMEN EL NIÑO AUCH AUF HAMBURG AUS?

Alle zwei bis sieben Jahre krepelt es den gesamten Pazifikraum um: El Niño, ein Klimaphänomen, das rund um den Globus extreme Wetterereignisse auslösen kann. Warmes Pazifikwasser strömt dann an der Oberfläche nicht wie sonst von Ost nach West, sondern von West nach Ost – also von Südost-Asien Richtung Südamerika.

Auch in der Atmosphäre kehren sich die Verhältnisse um: Weil sich die Luftzirkulation ändert, verschwinden über Südostasien die Niederschläge. Südamerika kann dagegen mit wärmerem Küstenwasser und starken Regenfällen rechnen.

In meiner Arbeitsgruppe am Institut für Meereskunde der Universität Hamburg arbeiten wir daran, solche El-Niño-Ereignisse besser vorherzusagen. Je treffsicherer wir dabei sind, desto besser können sich die betroffenen Länder auf die zum Teil verheerenden Folgen vorbereiten.

Doch Prognosen für den Zeitraum bis zu sechs Monaten sind besonders heikel. Mit der Wettervorhersage (für die nächsten 14 Tage) und der Klimaprognose (für die nächsten

Jahrzehnte) haben wir zwar zwei etablierte Werkzeuge. Beide beruhen jedoch auf völlig unterschiedlichen Ansätzen. Die hier gesuchten saisonalen Vorhersagen fallen ausgerechnet in die Lücke dazwischen.

Mit einem Kniff können wir diese Lücke schließen: Wir bauen ein etabliertes Klimarechenmodell so um, dass wir immer wieder reale Wetterdaten einspeisen können. Kein Kinderspiel, denn Klimamodelle sind eigentlich nicht darauf ausgelegt, im laufenden Prozess neue Daten aufzunehmen. Bei unserem Verfahren „füttern“ wir das Rechenmodell monatlich mit aktuellen Messdaten der Atmosphäre, des Ozeans und des Meereises und berechnen anschließend die wahrscheinliche „Großwetterlage“ für das nächste halbe Jahr im Voraus.

Doch wie exakt sind die Ergebnisse? Um dies herauszufinden, haben wir mit unserem Modell die vergangenen 35 Jahre „nach-prognostiziert“. Ab diesem Zeitpunkt gibt es ausreichend Messungen zur Überprüfung.

Für jeden Monat geben wir diese aufgezeichneten Messdaten ein und lassen unser Modell jeweils eine Prognose für das nächste halbe Jahr errechnen – und das für die gesamten 35 Jahre. Diese Vorhersage vergleichen wir dann mit den real gemessenen Daten aus diesem Zeitabschnitt. Fazit: Das Verfahren funktioniert, vergangene El-Niño-Ereignisse konnten wir zu einem Großteil richtig vorhersagen.

Doch was heißt ein starker El Niño für Hamburg? Um das herauszufinden, untersuchen wir, wie sich ein El Niño auf Europa auswirkt. Grundsätzlich kann er zu einer Abkühlung führen – zunächst allerdings nur um rund 0,1 Grad Celsius. Allein diese Temperaturänderung kann extrem kalte Winter auslösen.

Bedeutet das für uns nun klirrenden Dauerfrost? Nicht unbedingt, denn das Wetter hier ist besonders chaotisch und schwer berechenbar. Während die Lage im Pazifik fast ausschließlich von El Niño bestimmt wird, hängt sie bei uns von vielen Faktoren ab. El Niño kann dabei eine spürbare Rolle spielen – muss er aber nicht. Unangefochten Platz eins nimmt der Wettstreit zwischen Azorenhoch und Islandtief ein: Etwa jeder zweite Winter in Hamburg wird davon bestimmt, wer hier die Nase vorn hat.

---

**Prof. Johanna Baehr** ist Ozeanografin am Institut für Meereskunde und Mitglied im Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit der Universität Hamburg.

## **BARIUM IN MIKROFOSSILIEN BELEGT KLIMAÄNDERUNGEN IM MITTELMEER**

Stecknadelkopfgroße Kalkschalen liegen unter meinem Mikroskop. Diese Überreste kleiner Urwesen sehen aus wie winzige Schnecken oder Muscheln. Diese Mikrofossilien waren Jahrtausende lang im Boden des Mittelmeeres eingeschlossen, bis ein Forschungsschiff Bohrkerne aus dem Meeresboden nach oben beförderte und zu mir ans Institut für Geologie der Universität Hamburg schickte. Die Fossilien geben Auskunft über das Klima der jüngeren Erdgeschichte.

Für mein letztes Forschungsprojekt habe ich nach dem chemischen Element Barium in den Kalkschalen gesucht. Denn die Höhe des Bariumgehalts sagt mir, wie viel Süßwasser damals aus dem Nil ins Mittelmeer strömte und wie viel Regen im Einzugsgebiet des Nil fiel. So kommt Barium im Meerwasser nur in geringen Mengen vor, der größte Teil gelangt erst mit dem Süßwasserzufluss aus dem Nil dorthin. Je mehr Niederschlag fällt und je mehr Wasser damit durch das Einzugsgebiet des Nils fließt, desto mehr Barium wird aus dem Flussbett gelöst,





ins Mittelmeer getragen und letztendlich in die Kalkschale der Mikrobewesen eingebaut.

Dieses Vorgehen ist neu, ermöglicht direkte Schlussfolgerungen über den Niederschlag und stützt andere Erkenntnisse – zum Beispiel aus der Analyse von Vegetationsdaten. Die Untersuchung ergab: Vor circa 12.000 Jahren, zu Beginn der aktuellen Nacheiszeit, findet sich zunehmend mehr Barium in den Sedimentkernen aus dem östlichen Mittelmeer – dem Gebiet, in dem heute Zypern liegt. Das Maximum war vor circa 9.000 Jahren erreicht und blieb konstant, bis die Werte vor rund 8.000 Jahren wieder fielen. Diese Entwicklung des Bariumgehalts passt zu der Entwicklung der Sonneneinstrahlung – nur mit kurzer zeitlicher Verschiebung. Das heißt, durch die stärkere Sonneneinstrahlung verschob sich der tropische Regengürtel nach Norden, der westafrikanische Sommermonsun wurde stärker und mehr Süßwasser strömte ins Meer.

Die Folgen dieses Wasserzuflusses waren drastisch. Da Süßwasser leichter ist als Salzwasser, legte es sich wie ein Deckel über das Meerwasser. Dadurch wurde die vertikale Wasserzirkulation unterbrochen und die tiefen Meeresschichten nicht mehr belüftet. Ab rund 1.800 Metern Tiefe gab es keinen Sauerstoff und damit auch kein Leben mehr – rund 4.000 Jahre lang. Das östliche Mittelmeer glich einem umgekippten See, wie wir es aus heißen Sommern kennen. Dieser

Zustand wurde außerdem durch milde Winter stabilisiert. Das Oberflächenwasser wurde nicht kalt und nicht schwer genug, um in die Tiefe zu sinken und die Zirkulation wieder in Gang zu bringen.

Es ist in der Vergangenheit etwa alle 23.000 Jahre vorgekommen, dass die Meerwasserzirkulation unterbrochen wurde. Viele verschiedene Wissenschaftler untersuchen dieses Phänomen. Mit meinen Ergebnissen lassen sich beispielsweise die Ergebnisse von Klimarechenmodellen überprüfen. Außerdem geben sie Hinweise, um heutige Klimaveränderungen zu beurteilen. Denn wenn die aktuelle Erwärmung zu einer Verschiebung des Regengürtels in der Sahelzone führt, bedeutet das mehr Süßwasser im Nil und meine Untersuchung bekommt für die Menschen im Mittelmeerraum eine besondere Relevanz.

---

**Dr. Valerie Menke** ist Geologin und hat am Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit der Universität Hamburg promoviert.

## **DAS MEER WIRD WÄRMER – AUCH DIE NORDSEE**

Wie verändert der Klimawandel die Nordsee? Vom Wattenmeer im Ärmelkanal bis zu den Steilküsten der Shetlandinseln forschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu diesem Thema. Ich selbst untersuche mit meinen Kolleginnen und Kollegen vom Helmholtz-Zentrum Geesthacht, wie Meere und Küsten regional beeinflusst werden.

Zusammen mit internationalen Forschern haben wir 2016 das aktuelle Wissen für den gesamten Nordseeraum in einem Bericht zusammengefasst. Ein wahrer Schatz für mich als Ozeanografin und für alle, die Entscheidungen treffen. Denn wie sich der Meeresspiegel ändert, hat beispielsweise Einfluss auf die Planungen im Küstenschutz. Und für die Fischerei ist es wichtig, welche Fischarten abwandern und welche hinzukommen. So schwimmen etwa in der Nordsee heute mehr Sardellen, da das Wasser wärmer wird.

Die Analysen zeigen: Der Meeresspiegel der Nordsee steigt kontinuierlich an, und zwar in den vergangenen 100 Jahren um rund 15 Zentimeter. Gleichzeitig ist das Meer seit

Ende der 1980er Jahre deutlich wärmer geworden. Zwar gibt es seit Beginn der Aufzeichnungen stets natürliche Schwankungen in der Temperatur. Doch in den vergangenen 30 Jahren hat sich die Nordsee im Mittel um 1,5 Grad Celsius erwärmt – dies ist deutlich höher als frühere Werte. Ob allerdings der Ausstoß von Treibhausgasen dafür verantwortlich ist, lässt sich aus den Beobachtungsdaten nicht herauslesen.

Den Ursachen können wir aber mit regionalen Klimamodellen auf die Spur kommen. Sie beschreiben die physikalischen Abläufe im System Nordsee möglichst genau mit mathematischen Gleichungen. In diese Modelle kann ich die globalen Klimaänderungen durch unterschiedlich hohe Werte von Treibhausgasen einspeisen. Ändern sich daraufhin die regionalen Ergebnisse, sind steigende Emissionen offensichtlich die Ursache. So erwarten wir, dass sich die Nordsee bis zum Jahr 2100 weiter erwärmen wird und der Meeresspiegel weiter steigt. Wir gehen auch davon aus, dass das Meer saurer wird, der Salzgehalt abnimmt und weniger Plankton produziert wird.

Doch in welcher Stärke die Effekte eintreten werden, ist schwer vorherzusagen. Ein Beispiel: Für die Nordsee zeigen regionale Rechenmodelle bis zum Jahr 2100 einen Anstieg des Meeresspiegels zwischen 30 und 100 Zentimetern. Eine erhebliche Spanne, die aus mehreren Unbekannten resul-





tiert. Einerseits gibt es Unsicherheiten in den Modellen selbst. Auch wissen wir nicht, wie viele Treibhausgase tatsächlich in Zukunft ausgestoßen werden. Außerdem können wir den Eintrag von Süßwasser aus schmelzenden Gletschern schwer abschätzen. Hinzu kommen tektonische Veränderungen, bei denen sich das Land lokal hebt oder senkt – all diese Faktoren haben ebenfalls Einfluss auf die Höhe des Meeresspiegels.

Veränderungen werden also kommen, nur wie stark? Wir werden die Modelle weiter verfeinern, um noch genauere Aussagen machen zu können.

---

**Prof. Corinna Schrum** ist Institutsleiterin am Helmholtz-Zentrum Geesthacht und Mitglied des Centrums für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit der Universität Hamburg.

## **ETHNOLOGE BEOBACHTET DEN STAMM DER KLIMAFORSCHER**

Ich schaue aus dem Fenster und freue mich, drinnen zu sein. Ein schwerer Sturm zieht durch Hamburg. Gleichzeitig geht mir durch den Kopf: „Ist das noch ein normales Gewitter, oder werden diese immer heftiger?“ Als ich jung war, war das keine Frage, die einem einfach so einfiel.

Heute ist Klimawandel allgegenwärtig. Die Veränderungen der Natur beschäftigen Menschen auf der ganzen Welt, globale und lokale Politik, jeden Einzelnen – und die Klimawissenschaftlerinnen und -wissenschaftler des Exzellenzclusters für Klimaforschung CliSAP der Universität Hamburg.

Als Ethnologe interessiere ich mich dafür, woher unser Klimawissen stammt und was der Klimawandel für uns bedeutet. Ich entwickle keine Rechenmodelle, messe nicht die Dicke des Meereises in der Arktis, sondern beschäftige mich mit den Forscherinnen und Forschern, die das tun. Ich bin Beobachter an einem der Geburtsorte der Klimawissenschaft und habe festgestellt: Der Forschungsgegenstand stellt besonders die Naturwissenschaften vor große Probleme.

So ist Klimawandel ein Thema, das viele aufregt, bei dem noch vieles unsicher ist und das stark politisiert ist. Zum Beispiel die Pause der Erderwärmung: Vergleicht man den globalen Temperaturverlauf zwischen 1998 und 2013 mit den Vorhersagen durch Klimamodelle, gibt es einen Unterschied. Dies nutzen die Skeptiker des menschengemachten Klimawandels und sehen sich bestätigt. Die Forschenden hingegen wundern sich, probieren, messen, vergleichen und lassen die neuen Erkenntnisse in die Modelle einfließen, um sie realitätsnäher zu gestalten. Das Problem ist, dass mit diesen Rechenmodellen politische Ziele definiert werden.

Auch wenn viele Naturwissenschaftler gern nur forschen und nichts mit Politik zu tun haben wollen, geht das nur schwer: Der UN-Klimarat IPCC bringt Studien aus der ganzen Welt zusammen und erarbeitet eine wissenschaftliche Basis für politische Entscheidungen – die zum Beispiel 2015 bei der Weltklimakonferenz in Paris getroffen werden mussten. Ergebnis war ein Nachfolgevertrag für das Kyoto-Protokoll.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler werden in diesem Prozess zu politischen Akteuren. Einige malen Katastrophenszenarien aus, andere betonen die Unsicherheit der Modelle und Zahlen. Dies verunsichert die Öffentlichkeit. Leute fangen an, die Glaubwürdigkeit der Wissenschaft infrage zu stellen.





Um Forschenden zu helfen, ihre Rolle im öffentlichen Spannungsfeld zwischen Politik, Medien und Bürgern zu finden, eignet sich das Idealbild des 'Honest Broker', des „ehrlichen Vermittlers“. Der berechnet zum Beispiel den möglichen Meeresspiegelanstieg oder die wahrscheinliche Häufigkeit und Intensität künftiger Sturmfluten, verweist auf die inhärenten Unsicherheiten und liefert Küstenbewohnern, Lokalpolitik und Verwaltung so die Grundlage für einen verantwortungsvollen Küstenschutz. Die Hamburger Klimaforschenden wollen solche ehrlichen Vermittler sein.

Auch wenn es noch exotisch anmutet, werden in Zukunft vermehrt auch Ethnologen gebraucht, um Klimawissen und dessen Bedeutung für die Gesellschaft zu analysieren. Mit Kolleginnen und Kollegen veranstalte ich interdisziplinäre Workshops und betrieb bis vor Kurzem den Blog „Die Klimazwiebel“, um diesen Veränderungen aktiv zu begegnen. Denn eines ist sicher: Der Klimawandel wird ein politisch brisantes Thema bleiben.



---

**Dr. Werner Krauß** ist Ethnologe und untersuchte von 2011 bis 2017 am Exzellenzcluster für Klimaforschung CliSAP an der Universität Hamburg die Klimawissenschaft aus der Perspektive der Wissenschaftsforschung.

### **Bildnachweis**

© iStock.com/pixelfusion3d (Titel), © iStock.com/cokada (Titel innen, S. 1),  
© UHH/CEN/P.Borchardt (S. 5, o./u.), © UHH/CEN/P. Borchardt (S. 6/7),  
© iStock.com/Mayerberg (S. 11), © iStock.com/slalomgigante (S. 12),  
© iStock.com/santosha (S. 13, o.), © Thomas Geiger (S. 13, u.), © U.S. Department of State, Public Domain (S. 17, o.), © „Global Climate March Berlin -29“ by mw238, <https://flic.kr/p/AJB7zU>, CC BY-SA 2.0 [creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/legalcode.de](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/legalcode.de) (S. 17, u.), © picture alliance/dpa (S. 18/19),  
© Ocean Breeze Energy GmbH & Co. KG/Seaway Offshore Cables GmbH, MV Siem Marlin at the Bard Offshore 1 Wind Farm, Germany (S. 24/25),  
© Kletr/Shutterstock.com (S. 28/29), © picture alliance/dpa (S. 31),  
© iStock.com/SrdjanPav (S. 32), © UHH/CEN/T. Wasilewski (S. 35),  
© KHALED DESOUKI/AFP (S. 36/37), © Thomas Lehne/lotuseaters/Alamy Stock Photo (S. 40), © Jacques Descloitres, MODIS Rapid Response Team, NASA/GSFC (S. 45), © UHH/CEN/E. Vinx (S. 46), © Hans Blossey/Euroluftbild.de/LADE-OKAPIA (S. 51), © picture alliance/Hinrich Bäsemann (S. 52/53),  
© City of Edmonton (S. 57), © fotograf-hamburg.de/C. Bellin (S. 58, o.),  
© Schülerkongress Klima, Energie & Nachhaltigkeit, © Initiative NAT, Claudia Höhne (S. 58, u.)

### **Herausgeber**

Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN),  
Universität Hamburg  
[www.cen.uni-hamburg.de](http://www.cen.uni-hamburg.de)

### **Redaktion**

Lisa Wolf, Christina Krätzig, Ute Kreis, Stephanie Janssen  
Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN)

### **Gestaltung**

HAAGEN design, [www.haagendesign.de](http://www.haagendesign.de)

### **Auflage:** 3.000

Hamburg, 2018

mit freundlicher Unterstützung des Hamburger Abendblatts

---

## **DAS CEN**

Das Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN) ist ein zentrales Forschungszentrum der Universität Hamburg und Teil des Netzwerks KlimaCampus Hamburg.

Hier arbeiten Forscherinnen und Forscher unterschiedlicher Fachbereiche gemeinsam an übergeordneten Fragestellungen der Klima-, Umwelt- und Erdsystemforschung. Ozeanographie, Meteorologie, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Friedens- oder Medienwissenschaften – für Forschende all dieser Disziplinen ist CEN ein Forum, um sich auszutauschen, neue Projekte auf den Weg zu bringen und ihre Ergebnisse an Politik und Gesellschaft zu vermitteln.

**[www.cen.uni-hamburg.de](http://www.cen.uni-hamburg.de)**

**[www.clisap.de](http://www.clisap.de)**

**Twitter: @CENunihh**