



# Warum Wetter nicht gleich Klima ist

Zehn Klimaforscher berichten

Ein Lesebuch des Hamburger KlimaCampus



## Warum Wetter nicht gleich Klima ist

Zehn Klimaforscher berichten

## Inhalt

4	Böden
9	Aerosole
14	Kalte Winter
22	Supervulkane
26	Atomkraft
31	Nordsee
36	Friedensforschung
42	Arktis
50	Medien
53	Blualgen

## Noch mehr Klimageschichten ...

Viele denken an Wetter, wenn sie Klima hören. Warum das nicht dasselbe ist und ein kalter Winter nicht gegen die Erderwärmung spricht, erfahren Sie auf den folgenden Seiten.

Wie schon seine beiden Vorgänger bündelt das dritte KlimaCampus-Lesebuch Beiträge, die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Hamburger Abendblatt veröffentlicht haben. Meteorologen, Biologen, Physiker, aber auch Friedensforscher und Medienwissenschaftler geben Antwort auf drängende Fragen: Wie viel CO<sub>2</sub> schluckt die Nordsee? Ist verschmutzte Luft gut für das Klima? Kann Atomkraft das Klimaproblem lösen?

Wir wünschen eine spannende Lektüre!



## Hamburger Böden im Klimastress

Sauberes Wasser bedeutet ein Stück Lebensqualität. Das gilt besonders für Hamburg, das von der Elbe und ihren Nebenflüssen geprägt wird. Dass der Boden dabei eine entscheidende Rolle spielt, wird oft vergessen. Böden sind nämlich echte Multitalente.

Als Bindeglied zwischen der Atmosphäre und dem unbelebten Gestein dienen sie als Filter, Speicher und Puffer. Sie regulieren den Wasser- und Wärmehaushalt – und damit auch das Klima in der Stadt. Umgekehrt können Klimaänderungen die Funktion der Böden beeinträchtigen. Dies untersuchen meine Kollegen und ich im Institut für Bodenkunde am KlimaCampus.

Was viele Hamburger nicht wissen: Ihre Region ist außerordentlich reich an verschiedenen Bodentypen. Aufgrund der besonderen Landschaft kommen bei uns auf engem Raum fast alle in Deutschland verbreiteten Böden vor. Den Löwenanteil bestreiten die Marschen. Diese fruchtbaren Grundwasserböden auf Höhe des Meeresspiegels werden intensiv für die Landwirtschaft genutzt. Deshalb sind die Vier- und Marschlande auch als Obst- und Gemüsekammer der Stadt bekannt.



Der Klimawandel könnte das System allerdings aus dem Gleichgewicht bringen: So zeigen regionale Modellrechnungen, dass in den nächsten 90 Jahren die Temperaturen um 2,9 Grad Celsius im Mittel steigen werden. Gleichzeitig erwarten wir mehr Niederschläge, wobei es zu einer saisonalen Verschiebung kommt. Die Sommer werden tendenziell trockener, die Winter nasser und wärmer. Die Folge: Die Böden müssten im Winter mehr Wasser aufnehmen, sie vernässen, und der Grundwasserspiegel steigt. Die betroffenen Anbauflächen könnten dann nur noch mithilfe von zusätzlichen Entwässerungssystemen bearbeitet werden.

Ein Anstieg des Meeresspiegels würde die Situation weiter verschärfen. Die Elbe und ihre Nebenflüsse werden dann voraussichtlich mehr Wasser führen und häufiger über die Ufer treten. Doch die vernässten Böden können kein weiteres Wasser aufnehmen und verlieren ihre Pufferwirkung. Dies stört außerdem die natürliche Reinigungsfunktion: Wenn Schadstoffe im Boden versickern, wirken intakte Böden als Filter. Bei einem hohen Wasserstand dagegen werden sie weiter transportiert und verschmutzen dann größere Flächen.

Zusätzlich würde eine regionale Temperaturerhöhung die Böden aufheizen. Sind sie gleichzeitig sehr nass, werden verstärkt organische Substanzen abgebaut. Wertvolle

Humusreserven gehen verloren. Unsere Ergebnisse zeigen, dass in Marschen und Mooren im Untereiberaum in diesem Fall vermehrt Methan gebildet und freigesetzt wird – ein 26-mal stärkeres Treibhausgas als Kohlendioxid.

Die Vernässung der Marschen ist aber nur eine Seite der Medaille. Auf der anderen Seite trocknen im Sommer die höher gelegenen Geestflächen zunehmend aus. Dadurch wird die Neubildung des Grundwassers gestört. Gärten und Grünanlagen müssen dann mühsam und teuer bewässert werden. Das ist eine Entwicklung, die sich schon heute abzeichnet.

Unsere Analysen des Bodens liefern den Behörden und den Stadtplanern die Grundlage, um geeignete Anpassungsstrategien zu entwickeln. Ein wichtiger Schritt hierfür wäre es, im Hamburger Bodenschutzgesetz künftig auch die Klimafunktion der Böden zu verankern.

---

**Prof. Eva-Maria Pfeiffer** vom Institut für Bodenkunde ist Geowissenschaftlerin und Spezialistin für Bodenökologie.



## Ist verschmutzte Luft besser für das Klima?

Graues und diesiges Wetter? Das ist in Hamburg keine Seltenheit. Doch ist der Himmel bedeckt, wirkt sich das nicht nur auf die Personendichte im Eiscafé aus. Auch das langfristige Klima wird von Wolken und ihrer Beschaffenheit beeinflusst.

Eine dichte Schicht reflektiert zum Beispiel viel Sonnenstrahlung ins All zurück und kühlt so die Erde. Andererseits könnte umgekehrt auch der globale Temperaturanstieg die Wolkendichte ändern: Würde diese weltweit nur um fünf Prozent zu- oder abnehmen, könnte sich dies ebenso stark auswirken wie eine Verdopplung oder Halbierung des CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Atmosphäre.

Seit mehr als 30 Jahren versuchen Forscher daher, Wolken und ihre Veränderungen im Klimamodell realistisch darzustellen. Aufgrund der komplexen Wechselwirkungen blieb dies jedoch stets ein Schwachpunkt. Meine Kollegen und ich erforschen deshalb am KlimaCampus in Hamburg neue Aspekte der Wolkenbildung.

Zurzeit beschäftigt uns der Einfluss von Aerosolen. Diese Mini-Partikel gelangen mit Rauch oder Abgasen, aber auch durch Vulkanausbrüche in die Atmosphäre. Hier kön-





nen sie als Kondensationskeime wirken und die Wolkenbildung beschleunigen. Eigentlich paradox: Eine „schmutzige“ Wolkendecke mit vielen Aerosolen wirkt aus dem All heller, reflektiert somit besser und kühlt die Erde stärker.

Dieser kühlende Effekt beschäftigt die Forschung, denn in den vergangenen 100 Jahren hat sich die globale Temperatur deutlich erhöht. Dies lässt sich auf den gesteigerten Ausstoß von klimaschädlichem Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) im selben Zeitraum zurückführen – ein logischer Zusammenhang. Doch der Aerosolgehalt in der Atmosphäre folgt demselben Schema: Durch den industriellen Zuwachs ab den 50er-Jahren wurden immer mehr Partikel durch Fabrik-schlote ungefiltert in die Luft gepustet. Manche Forscher befürchten deshalb, dass der kühlende Effekt der Aerosole den wahren Temperaturanstieg durch  $\text{CO}_2$  nur maskiert – dieser würde sonst viel stärker ausfallen. Umgekehrt könnten weltweit eingeführte Umweltstandards für eine bessere Luftqualität die Erderwärmung dann noch weiter ankurbeln.

Doch beeinflussen kurzlebige Aerosole überhaupt dauerhaft die Wolkenbildung und das Klima? Nach etwa einer Woche nimmt der nächste Regen die Schwebeteilchen nämlich schon wieder mit zum Erdboden. Unser Rechenmodell ist dieser Frage jetzt auf der Spur. Wenn wir es mit

den bekannten Werten von „aufheizendem“  $\text{CO}_2$  und „kühlenden“ Aerosolen füttern, erhalten wir eine überraschend gute Nachbildung der tatsächlichen Temperaturkurve seit 1900: Das Modell funktioniert also stimmig.

Im gleichen Szenario können wir jetzt gezielt den Einfluss der Luftverschmutzung auf die Wolkenbildung „aus-schalten“. Die Partikel selbst und ihre kurzfristige Wirkung durch Smog zum Beispiel bleiben erhalten. Erste Ergebnisse zeigen: Dieser Temperaturverlauf entspricht ebenfalls ziemlich gut der Realität! Der Kühleffekt der Aerosole auf Wolken scheint also nicht so stark wie angenommen. Sollte sich dies in weiteren Experimenten bestätigen, muss sich vor einer besseren Luftqualität künftig niemand mehr „fürchten“.

---

**Prof. Bjorn Stevens** ist Direktor am Max-Planck-Institut für Meteorologie und befasst sich mit der Atmosphäre im Erdsystem.



## Kalter Winter spricht nicht gegen Erderwärmung

„Trotz Kältewelle: Klimawandel bleibt Fakt“, so stand es Anfang 2011 in vielen Zeitungen. Wochenlang war Deutschland in Eis und Schnee versunken und viele fragten sich, ob die Erderwärmung eine Pause einlegt.

Mit Klimawandel hat eine solche „Momentaufnahme“ jedoch nichts zu tun – dieser bezeichnet vielmehr eine Änderung des Durchschnittswetters. Schon 1935 formulierte die Internationale Meteorologische Gesellschaft: „Climate is average weather“ (Klima ist das durchschnittliche Wetter). Damals legte sie auch den Bezugsrahmen fest: Mindestens 30 aufeinanderfolgende Jahre müssten Klimaforscher prüfen, bevor man von einem Trend beim Klima sprechen könne. Daran halten sich seriöse Wissenschaftler bis heute. Am KlimaCampus haben wir jetzt erstmals mathematisch belegt, dass es dabei um mehr geht als um eine willkürliche Verabredung.

Mit australischen Kollegen analysierten wir unter anderem Modelldaten der US-Wetter- und Ozeanografiebehörde NOAA für die Jahre 1871 bis 2008. Dabei zeigte sich, dass eine 30-Jahres-Periode tatsächlich ausreicht,





um wesentliche Änderungen von Jahr zu Jahr zu erfassen. Das können zum Beispiel sehr kalte oder sehr warme Ausprägungen der Jahreszeiten sein. Umgekehrt bedeutet das: Weichen die Werte vom 30-Jahres-Mittel ab, deutet dies auf eine Klimaänderung hin.

Das von uns genutzte mathematische Verfahren heißt „Random-Walk“ und beschreibt einen Zufallsprozess. Vergleichbar ist dies mit einem Baum, der im Herbst das Laub fallen lässt: Wohin ein einzelnes Blatt segelt, lässt sich nicht vorhersagen. Wir können aber berechnen, dass am Ende fast alle Blätter in einem bestimmten Radius um den Baum liegen werden. Die Radiuslänge (Random-Walk-Periode) entspricht dem 30-Jahre-Mittel der Meteorologen: Hier landen alle Blätter oder treten alle „normalen“ Temperaturschwankungen auf wie in unserem Fall.

Nach dem gleichen Prinzip haben wir am Institut für Meteorologie untersucht, wann und wie schnell die jeweiligen Temperaturmaxima und -minima erreicht werden. Der Random-Walk beträgt auch hier nicht mehr als 30 Jahre. Im Gegenteil: Über dem energetisch trägen Ozean etwa genügen unter Umständen kürzere Analyseperioden, um zu erkennen, ob es sich um eine normale Abweichung vom Mittel oder eine Folge des Klimawandels handelt. Unsere Untersuchung belegt, dass die 30-Jahres-Regel der Meteoro-

logischen Gesellschaft, die damals aus der Erfahrung heraus getroffen wurde, richtig war.

Entscheidend ist aber, dass wir künftig mit dem mathematischen Verfahren weitere Aspekte im Klimasystem prüfen können – zum Beispiel, ob sich durch den Klimawandel bereits eine Verschiebung der heißesten und kältesten Zeit eines Jahres abzeichnet. Dabei können wir jetzt Wetter zuverlässig von Klimasignalen unterscheiden.

---

**Dr. Edilbert Kirk** forscht im Bereich Theoretische Meteorologie und ist Experte für Klimamodelle.







## Die Macht des Toba: Vulkanausbruch mit Klimawirkung

Auf Sumatra, im Yellowstone Nationalpark und bei Neapel schlummern sie: Vulkane mit dem Potenzial für sogenannte Supereruptionen.

Solche Ausbrüche sind allerdings selten. Laut Statistik explodiert nur etwa alle 700 000 Jahre ein Supervulkan. Dabei werden mehr als 1 000 Milliarden Tonnen an Gasen und festen Teilchen ausgestoßen – ungefähr 150 Mal so viel wie beim Ausbruch des Pinatubo am 15. Juni 1991 auf den Philippinen, einer der größten Eruptionen des 20. Jahrhunderts. Dabei entsteht eine gigantische Wolke aus Gasen, Asche und Schwefelpartikeln, die das Sonnenlicht abschirmt und damit das globale Klima auf Jahre hin beeinflusst.

Doch welches Ausmaß haben die Veränderungen nach einer so riesigen Eruption? Dieser Frage sind wir am Klima-Campus gemeinsam mit Kollegen aus Cambridge und Kiel nachgegangen.

Hierzu haben wir die Folgen der letzten Supereruption am Großrechner simuliert: Vor etwa 74 000 Jahren brach der Vulkan Toba auf der indonesischen Insel Sumatra aus.

Ein wissenschaftlich besonders interessanter Fall, der auch im Zusammenhang mit einem sogenannten „genetischen Flaschenhals“ in der menschlichen Entwicklung diskutiert wird. Denn vor rund 70 000 bis 80 000 Jahren hat sich die Anzahl des Homo sapiens stark verringert.

Einige Forscher führen diesen Bevölkerungsrückgang auf die Klimaveränderungen nach dem Ausbruch des Toba zurück. Doch hatte die Eruption tatsächlich derart gravierende Folgen? Dagegen spricht die hohe Überlebensrate von Säugetieren in Südostasien zu dieser Zeit.

Um die Auswirkungen des Toba-Ausbruchs genauer zu untersuchen, haben wir erstmals einen Faktor berücksichtigt, der bei früheren Berechnungen keine Rolle spielte. Für den Klimaeffekt einer großen vulkanischen Eruption ist nicht nur die Menge der ausgestoßenen Schwefelteilchen von zentraler Bedeutung. Auch die Größe der vulkanischen Partikel ist ausschlaggebend. Deren besonders hohe Konzentration in der Vulkanwolke führt nämlich dazu, dass die Teilchen leichter zusammenklumpen, schwerer werden und deshalb schneller nach unten absinken. Dies hat zur Folge, dass das Sonnenlicht nur über einen relativ kurzen Zeitraum abgeschwächt wird. Mit unserem computergestützten Erdsystem-Modell konnten wir zeigen, dass die mittlere Temperaturabnahme nach der Toba-Eruption

deshalb deutlich geringer ausfällt als in bisherigen Modellstudien: nämlich weltweit um maximal 3,5 Grad.

Laut unserem Modell sind die Temperaturen in einzelnen Regionen zwar um bis zu zehn Grad gesunken. Die Frostlinie hat sich allerdings nur geringfügig verschoben. Das widerlegt aber die These, dass die Abkühlung weltweit dramatische Folgen für das Leben auf der Erde hatte – zumal sich die Temperaturschwankungen bereits zehn Jahre nach dem Ausbruch wieder im Bereich der natürlichen Variabilität bewegten.

Unsere Ergebnisse belegen also: Der Ausbruch des Supervulkans Toba hat die Lebensbedingungen auf der Erde härter gemacht. Die Abkühlung war jedoch nicht so stark, dass sie die drastische Dezimierung der Menschheit in dieser Zeit erklären würde. Dafür muss es andere Gründe geben.

---

**Dr. Claudia Timmreck**, Physikerin am Max-Planck-Institut für Meteorologie, arbeitet im Supervulkan-Projekt.



## Atomkraft ist klimaschonend, aber ...

... mit unwägbaren Risiken verbunden. Ist die Atomwirtschaft trotzdem ein unverzichtbarer Klimaschützer? Müssen konsequente Umweltaktivisten jetzt also die CO<sub>2</sub>-arme Kernspaltung befürworten?

In der Debatte um Atomkraft kochen die Emotionen derzeit hoch und Fakten werden dabei oftmals verwischt. Am KlimaCampus gehen meine Kollegen und ich deshalb der Frage nach, welchen Beitrag zur Reduktion von Kohlendioxid die Kernenergie tatsächlich leistet.

Verschiedene Methoden der Energiegewinnung erzeugen unterschiedlich viel klimaschädliches Kohlendioxid. So produziert der aktuelle deutsche Energiemix aus Kohle, Erdöl, Atom, Wind und Sonne insgesamt knapp 600 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilowattstunde. Vergleichbar werden diese Energieformen, wenn wir deren Werte einzeln entschlüsseln. In eine solche Berechnung gehen sämtliche CO<sub>2</sub>-Emissionen ein, vom Bau des jeweiligen Kraftwerks über die Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung nach der Stilllegung. Demnach erzeugt Atomkraft 50 bis 100 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilowattstunde. Niedriger liegen Wind- und Wasserkraft sowie Biogaskraft mit zehn bis 30 Gramm. Braunkohle besetzt dagegen mit

etwa 1 200 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilowattstunde den letzten Rang. Mit Atomkraft produzierte Energie erzeugt also eine vergleichsweise geringe Menge Treibhausgase. Machen mehr Atomkraftwerke das Land also klimafreundlicher?

Hierzu verglichen wir in 30 Ländern die Entwicklung der Energiepolitik von 1997 bis 2005. Ergebnis: Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Anteil an Kernkraft und dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Länder mit einem hohen Atomanteil von 70 bis 80 Prozent – etwa Frankreich und Litauen – produzieren nur 100 bis 150 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilowattstunde.

Dies ist aber kein Automatismus. Denn gleichzeitig können Schweden und die Schweiz mit noch geringeren CO<sub>2</sub>-Werten punkten und setzen dazu verglichen mit Frankreich nur die Hälfte beziehungsweise ein Drittel der Atomenergie ein. Die Schweiz reduzierte im Untersuchungszeitraum ihren Atomanteil sogar um weitere zehn Prozent bei gleichbleibend niedrigem CO<sub>2</sub>-Wert. Deutschland konnte dagegen durch den Ausbau von Windkraft seine Emissionen pro Kilowattstunde deutlich vermindern, auch ohne den Atomstromanteil von 30 Prozent auszubauen.

Für die Nutzung der Kernkraft benötigt man Uran, das praktisch komplett außerhalb Europas gewonnen wird. Einerseits werden dort Umweltstandards teils drastisch unterlaufen – radioaktive Strahlung wird frei. Zusätzlich

entsteht beim Uranabbau weiteres CO<sub>2</sub>, das im Nutzerland selbst nicht in die Bilanz eingeht. Unsere Berechnungen ergeben, dass für jede in Europa erzeugte Atom-Kilowattstunde zuvor 25 Gramm CO<sub>2</sub> im Ausland emittiert werden. Weil uranföhrdernde Länder wie zum Beispiel Niger oder Kasachstan keine bindenden Ziele zur Reduktion von Emissionen haben, kann dies Industriestaaten dazu verfhren, ihre Emissionen dorthin auszulagern.

Atomkraft ist demnach zwar klimaschonend. Es gibt aber ausreichend Alternativen, die bei noch besserer Klimaleistung sicherer sind, ohne dass sich zusätzlich Fragen zur radioaktiven Endlagerung oder zur Produktion von atomwaffenfahigem Material stellen.

---

**Prof. Martin Kalinowski**, Physiker, ist Experte für Klimawandel und Friedensforschung.







## Wie viel Kohlendioxid schluckt die Nordsee?

Schuld am Klimawandel ist das Treibhausgas Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in der Atmosphäre, jedenfalls zu einem großen Teil. Wie es in die Luft gelangt, dafür gibt es zahlreiche Wege. Meistens ist der Mensch dafür verantwortlich. Doch was passiert eigentlich anschließend mit dem Gas?

Etwa ein Drittel des Treibhausgases verschwindet aus der Atmosphäre. Es wird im Meerwasser gelöst und zum Teil von Algen bei der Photosynthese verarbeitet. Zooplankton und kleinere Meerestiere fressen die Algen. Diese sterben später und sinken zu Boden – mit ihnen der Kohlenstoff. Das macht das Meer zu einem idealen Speicher für das Treibhausgas, was die Klimaerwärmung erheblich dämpft.

Um diesen Prozess genauer unter die Lupe zu nehmen, haben wir uns am KlimaCampus einen kleinen Teil des Weltozeans angesehen – die Nordsee, ein Randmeer des Nordatlantiks. Wir haben unseren Supercomputer mit sämtlichen Eigenschaften und Prozessen des Meeres gefüttert und die Berechnungen anhand langjähriger Messreihen aus der Feldforschung überprüft. Das Ergebnis kann sich sehen lassen: Zum ersten Mal wurde ein umfassendes Computermodell von Hamburgs Hausmeer entwickelt, an



dem Meteorologen, Geologen, Ozeanografen, Meeresbiologen und Meereschemiker beteiligt waren.

Die Nordsee liegt auf dem nordwesteuropäischen Schelf – also dort, wo die Küste ins Meer abfällt. Tatsächlich sind die Organismen hier extremen Herausforderungen ausgesetzt, besonders im südlich gelegenen Wattenmeer: Der jahreszeitliche Wechsel, typische Sturmperioden sowie der Rhythmus der Gezeiten prägen diesen Lebensraum. Darüber hinaus werden durch Klimaänderungen und globalen Schiffsverkehr, der Wasser aus aller Welt mitbringt, ganze Arten verdrängt.

Gleichzeitig zählt die Nordsee zu den biologisch produktivsten Meeresgebieten der Welt. Sie kann also besonders viel CO<sub>2</sub> umwandeln. Was allerdings die Pufferfunktion für den Klimawandel angeht, ist die Nordsee zweigeteilt: Im nördlichen, mehr als 100 Meter tiefen Teil transportiert sie den abgesunkenen Kohlenstoff mit der Tiefenströmung weiter in den Nordatlantischen Ozean und entfernt diesen auf lange Zeit aus der Atmosphäre. Wir nennen das die „kontinentale Schelfpumpe“. Im nur bis 50 Meter flachen südlichen Teil dagegen gelangt das CO<sub>2</sub> schon bald zurück in die Luft.

Ebenso beeinflussen weitere Prozesse den Weg des Kohlenstoffs in den Ozeanen: Welche Rolle spielen durch

Überdüngung verursachte Algenblüten für die CO<sub>2</sub>-Bilanz? Was bedeutet ein dauerhafter Temperaturanstieg oder eine Versauerung für das Schelfmeer? Wie wirken sich Kalkalgen auf die Kohlenstoffpumpe aus? Unser Nordsee-Modell hilft, diese Einflüsse zu klären.

Die Nordsee ist zwar gewissermaßen nur ein kleiner „Dackelschwanz“ des Nordatlantiks, wir Menschen haben aber einen erheblichen Einfluss darauf. Und auch wenn unsere Ergebnisse nur ein Puzzleteil sind, ermöglichen sie doch wichtige Rückschlüsse auf das Zusammenspiel des globalen und des regionalen Klimasystems.

---

Dr. Johannes Pätsch ist Modellierer am Institut für Meereskunde.



## Sicherheitsrisiko Klimawandel

Bedroht der Klimawandel unsere Sicherheit? Diese Frage fand am 20. Juli 2011 auf Initiative Deutschlands erstmals den Weg in einen Beschluss des Sicherheitsrats der Vereinten Nationen.

Nach zähen Verhandlungen einigten sich die 15 Mitglieder auf eine sehr vorsichtige Erklärung. Das bestätigt, was wir am KlimaCampus, Institut für Friedensforschung und Sicherheit (IFSH) der Universität, beobachten: Die Auffassung zu diesem Problem geht von Land zu Land auseinander.

Wie kann der Klimawandel die Sicherheit in der Welt bedrohen? Dazu gibt es zahlreiche Szenarien. Das einfachste ist: Durch den Klimawandel werden natürliche Ressourcen knapp. So kann es zum Beispiel durch Wassermangel zu Dürreperioden kommen. Eine mögliche Folge ist, dass in den betroffenen Regionen Auseinandersetzungen um Ressourcen auftreten.

Am KlimaCampus haben wir die Sicherheitsvorstellungen vieler Staaten untersucht und festgestellt, dass die meisten Regierungen den Klimawandel nur als lokales Problem ansehen. Einige Staaten, auch Deutschland,







sehen die Notwendigkeit gemeinsamer Lösungsansätze. Nur wenige, wie zum Beispiel die USA, Großbritannien oder Russland, fürchten außerdem um die eigene Sicherheit, verursacht etwa durch Einwanderungsströme. Damit wird der Klimawandel auch zu einem militärischen Thema. Die USA investieren beispielsweise große Summen in wissenschaftliche Untersuchungen, wie sich der Klimawandel auf die Streitkräfte auswirken wird: Diese befassen sich unter anderem mit Migrationsfragen oder mit dem weltweiten Einsatz von US-Truppen in Katastrophengebieten.

In England liegt bereits ein umfassendes Papier mit Maßnahmen bezüglich des Klimas vor, vom Sprit sparen den Panzer bis hin zur Terrorismusabwehr. In Deutschland ist dagegen die Bedeutung des Klimawandels für das Militär noch wenig konkret. Einzig der Katastrophenschutz rückt verstärkt in den Fokus.

Denn dass Extremwetterereignisse zunehmen werden und der Meeresspiegel ansteigt, kann als wissenschaftlich gesichert angesehen werden. Daraus resultierende Konflikte und Krisen, wie etwa im Fall der nur wenige Zentimeter über dem Wasser liegenden Inselstaaten, sind offensichtlich. Aber auch bei uns haben die Bewohner von Hochwassergebieten immer häufiger mit den Folgen der Extreme zu kämpfen. Was können wir also vorbeugend tun? Weniger

CO<sub>2</sub> produzieren, den Klimawandel mit allen Mitteln aufhalten, dies ist sicherlich der erste Schritt.

Daneben muss untersucht und diskutiert werden, wie verhindert werden kann, dass der Klimawandel zu einem Sicherheitsproblem wird. Es gibt Möglichkeiten, Konflikten – technischen wie politischen – vorzubeugen, bevor sie zu Gewalt und Militäreinsätzen führen. Die Erklärung des Sicherheitsrats bietet eine Grundlage für die weitere internationale politische Diskussion.

---

**Prof. Michael Brzoska** ist Direktor des Instituts für Friedensforschung und Sicherheitspolitik.

## Tauwetter im Polarmeer

Ist der Nordpol womöglich in wenigen Jahrzehnten im Sommer komplett eisfrei? Anfang September 2011 wurde erneut ein Rekordminus der Eisflächen im Arktischen Ozean gemeldet.

Vielleicht verfrüht, da der Mittelwert des ganzen Monats zum Vergleich herangezogen werden müsste, um verlässliche Aussagen zu treffen. Unsere aktuellen Daten deuten darauf hin, dass die negative Rekordmarke von 2007 im Jahr 2011 fast erreicht wird.

Das ist für uns ein ernst zu nehmendes Signal, denn die Polargebiete gelten als Frühwarnsystem für weltweite Klimaänderungen. Dabei spielt das Meereis eine entscheidende Rolle, weil es die Wechselwirkung zwischen Ozean und Atmosphäre beeinflusst.

Normalerweise schrumpft das arktische Meereis im Sommer, erreicht Ende September sein Minimum und wächst danach wieder. Seit einigen Jahren beobachten wir aber, dass das Eis im Spätsommer ungewöhnlich stark zurückgeht. Die Werte liegen deutlich unter dem langjährigen Durchschnitt. Für unsere statistischen Analysen nutzen mein Team am KlimaCampus und ich Satellitendaten,







die bis 1972 zurückreichen. Dabei konzentrieren wir uns auf den kritischen Monat September, vergleichen die jährlichen Daten zur Ausdehnung des Eises über den gesamten Zeitraum und erstellen daraus Hochrechnungen. Das funktioniert ähnlich wie bei Wahlprognosen.

Seit Beginn der Messungen beobachten wir einen linearen Trend: Pro Jahrzehnt nimmt das Eis rund neun Prozent ab. Außerdem schmilzt es inzwischen mehr als doppelt so schnell wie zu Beginn der Zeitreihe. Das hat Folgen für das weltweite Klima. Eisschollen haben nämlich die Fähigkeit, Sonnenlicht zu reflektieren. Dabei kann schon eine dünne Schneedecke das Reflexionsvermögen, die sogenannte Albedo, stark erhöhen. Eisfreie dunkle Meeresflächen dagegen speichern Sonnenenergie und verstärken so das Abschmelzen im Polarsommer.

Das wiederum könnte die Meeresströmungen beeinflussen, weil Süßwasser in den Ozean gelangt. Fließt zu viel von diesem Frischwasser in den salzigen Ozean, wird das Wasser beim Abkühlen nicht dicht und schwer genug, um in die Tiefe zu sinken. Dadurch könnten die Ozeanzirkulation und der damit verbundene Wärmetransport aus dem Takt geraten. Um vorherzusagen, wie schnell das Eis schmilzt, kommt es nicht nur auf die Größe der Eisfläche, sondern auch auf die Dicke an. Mit Kollegen aus Finnland,

Dänemark und Deutschland entwickeln mein Team und ich eine Methode zur Messung der Meereisdicke, die an den Fernerkundungssatelliten SMOS gekoppelt ist. Bereits heute nutzen wir Informationen des Satelliten Cryosat. Mit seinem Radar misst er die Entfernung zwischen seiner Umlaufbahn in rund 700 Kilometern Höhe und der Eis-Oberseite und gleichzeitig den Abstand zur Wasseroberfläche. Daraus lässt sich errechnen, wie weit die Eisschollen aus dem Wasser ragen. Durch die Messung dieses sogenannten Freibords können wir die Eisdicke schätzen.

Unser Ziel ist es jetzt, die Ergebnisse beider Satelliten zu kombinieren, um künftig noch präzisere Informationen über Volumen und Verluste des Meereises zu gewinnen.

---

**Prof. Lars Kaleschke** ist Experte für Satellitenbeobachtung und das Arktische Meereis.

**DIE ZEIT**  
 WOCHENZEITUNG FÜR POLITIK UND KULTUR

**Wird die Erde doch nicht wärmer?**

Die Wissenschaft warnt vor der Klimakatastrophe. Jetzt finden Skeptiker Gehör, die Entwarnung geben. In einigen Punkten haben sie recht. Aber eine Verharmlosung ist nicht zu verantworten  
**WISSEN SEITE 35-37**



**Scharia? Hier nicht**

Muslimische Schiedsgerichte können durchaus sinnvoll sein. Doch zu strafen ist allein Sache des deutschen Staates  
 VON HERMICH WITTMANN

**Lizenz zum Töten**

Keine Moral – mit der Hilfe für den syrischen Konflikt ins Abseits, VON JOCHEN WITTMANN



6. Februar 2013 100 000 000



**Der schöne Schein**  
 Mit Oscar-Ringen blickt sie auf den Bildschirm. Die Heldin der ZEITmagazine Seite 14  
 Eine Begrüßung mit Maria Theresia und Kaiserin Catherine Feuilleton Seite 52



**Die Wundersteuer**  
 Wer spekuliert, soll dafür zahlen. Die Regeln von der Finanzmarktstabilisierung  
 Wirtschaft Seite 23



NO. 48/10 29. November 2010 € 3,90  
**FOCUS**  
 www.focus.de

**DER NUKLEARTO**  
 Nordkoreas verrückter Kriegstreiber

**Prima Klima!**  
 UMDENKEN: DIE GLOBALE ERWÄRMUNG IST GUT FÜR UNS





## Klimawandel nicht mediengemacht

Klimaforscher haben im Vergleich zu anderen Wissenschaftlern überdurchschnittlich viel Kontakt zu Journalisten. Interessant ist: Deutsche Klimaforscher sind durchaus zufrieden mit der Arbeit der Medienvertreter.

Das zeigt die bislang umfangreichste Befragung von Klimawissenschaftlern in Deutschland, die ich im Jahr 2011 mit meiner KlimaCampus-Arbeitsgruppe und der unabhängigen Gesellschaft für Konsumforschung durchgeführt habe.

Das Vorurteil, der Klimawandel sei mediengemacht, stimmt demnach ebenso wenig wie die Annahme, dass Wissenschaftler Journalisten für ihre Zwecke manipulieren wollen. Natürlich gibt es einzelne, teils prominente Gegenbeispiele, aber im Großen und Ganzen gilt: Was den Bürgern vermittelt wird, ist das Ergebnis eines erfolgreichen Austausches zwischen Forschern und Journalisten.

Ins Zentrum der weltweiten Berichterstattung rückt der Klimawandel besonders vor internationalen Großereignissen. In so unterschiedlichen Ländern wie Indonesien, Russland, Deutschland oder den USA wird über das Ausmaß des Klimawandels, Zukunftsprognosen und Handlungsmöglichkeiten berichtet. Dies zeigt eine weitere Untersu-

chung unserer Arbeitsgruppe. Auch die Weltklimakonferenz im südafrikanischen Durban Ende November 2011 ist auf reges Medieninteresse gestoßen.

Weitere aufschlussreiche Tendenzen: Der Erstkontakt zwischen Forschern und Medien geht meist von den Journalisten aus. Die meisten Wissenschaftler gehen auf die Gesprächsangebote ein, weil sie die Berichterstattung zum Thema Klima für wichtig halten. Und sie sind bereit, ihre Ergebnisse für die Medien vereinfacht darzustellen, solange sie dafür nicht von wissenschaftlichen Qualitätsstandards abweichen müssen.

Außerdem belegen die Umfrageergebnisse, dass Klimaforscher nicht nur regen Kontakt zu Medien, sondern auch zu Wirtschaft, Politik und Umweltorganisationen haben. Dies zeigt: Wissenschaftliche Themen haben einen festen Platz in der gesellschaftlichen Diskussion. Der Typus des einsamen Forschers im sprichwörtlichen Elfenbeinturm, der, wenn überhaupt, nur im unverständlichen Fachchinesisch von seiner Arbeit berichtet, gehört für den Bereich Klimaforschung weitgehend der Vergangenheit an.

Tatsächlich wird das komplexe Thema Klima in der Öffentlichkeit ausführlich präsentiert und debattiert. Man kann hier – mit den Worten des Bielefelder Soziologen Peter Weingart – von einer „Vergesellschaftung der Wis-

senschaft“ sprechen. Deshalb arbeiten wir an weiteren Studien, die sich mit der Klimakommunikation von Umweltschutzorganisationen sowie von großen deutschen Unternehmen befassen.

## Plankton als Klimafaktor

Steigende Temperaturen im Ozean könnten künftig das Phytoplankton gefährden – oder aber für zusätzliches Wachstum sorgen.

Die winzigen, einzelligen Algen bekommen ihre Nährstoffe aus dem aufsteigenden Tiefenwasser. Wird es an der Oberfläche zu warm, stockt der Nachschub, denn kaltes Wasser ist schwerer als warmes. Die Folge: Die Algen verhungern. Andererseits wachsen bestimmte Arten, sogenannte Cyanobakterien oder Blaualgen, im warmen Wasser besonders gut; sie profitieren also vom Klimawandel. Die fehlenden Nährstoffe gleichen sie aus, indem sie Stickstoff aus der Luft fixieren. Schon heute dominieren sie in wärmeren und nährstoffärmeren Gebieten der Tropen und Subtropen. Ihr Anteil an der Biomasseproduktion kann dort bis zu 50 Prozent betragen.

Spannend ist, dass es dabei eine positive Rückkopplung gibt, deren Ausmaß wir noch nicht kennen. So nehmen mehr Algen auch mehr Sonnenlicht auf und wandeln dieses in zusätzliche Wärme um. Auf diese Weise schaffen sie sich selbst ein optimales Milieu; eine rasante Vermehrung ist die Folge. Dieser physikalische Einfluss auf das eige-

---

Prof. Mike S. Schäfer, Kommunikationswissenschaftler, leitet die Arbeitsgruppe „Mediendarstellungen des Klimawandels“.

ne Wachstum interessiert uns Klimaforscher. Schließlich bauen die Winzlinge bei der Photosynthese jährlich rund 45 Milliarden Tonnen Kohlenstoff in ihren Stoffwechsel ein – und entziehen der Atmosphäre dabei klimaschädliches Kohlendioxid. Gleichzeitig sichern sie die weltweite Sauerstoffversorgung.

Allerdings gibt es auch einen wichtigen negativen Effekt: Je mehr Cyanobakterien sich dicht unter der Oberfläche aufhalten, desto mehr Licht wird reflektiert, gelangt also gar nicht erst ins Wasser hinein. Temperatur und Wachstum gehen zurück. Zusätzlich konnten wir nachweisen, dass die Durchmischung des Wassers weiter nachlässt, wenn viele dicht gepackte Algen die Oberfläche träge machen – die Cyanobakterien bilden zeitweilig regelrechte dichte Matten.

Uns Forscher interessiert: Wie stark ist der Einfluss der Algen auf die optischen und mechanischen Eigenschaften ihrer Umgebung? Überwiegen positive oder negative Rückkopplungen? Nur so können wir das Algenwachstum als biologischen Faktor in unsere Klimamodelle einrechnen und Zukunftsszenarien prüfen. Am KlimaCampus konnten wir diese Prozesse jetzt erstmals quantitativ abschätzen.

Dafür haben wir zunächst ein vergleichsweise einfaches Rechenmodell gewählt und nach und nach verschie-







dene Einflussgrößen zugeschaltet. Wichtigstes Ergebnis: Obwohl auch negative Rückkopplungen auftreten, nahmen Oberflächentemperatur und Wachstum der Algen im Modell insgesamt zu.

Dass die Biologie die Verhältnisse im Ozean maßgeblich mitbestimmt, ist daher wahrscheinlich – und in den meisten Klimamodellen zu Unrecht vernachlässigt worden. Das soll sich ändern: Als Nächstes wollen wir die regionale Verbreitung der Algen und die Verdriftung durch die großen Meeresströmungen in unsere Überlegungen einbeziehen.

---

**Sebastian Sonntag** ist Physiker und promoviert am Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft.

#### **Bildnachweis**

© iStockphoto/Robert Sanchez (Titel), © iStockphoto/RelaxFoto.de (Rückseite l., S.29), © iStockphoto/Lee Pettet (Rückseite r., S.8), © dpa/Markus Brandt (Titel innen, S.1), © iStockphoto/Ryan Fox (S.5 o.), © Wikimedia/Jan van der Crabben (S.5 u.), © ap/Mikhail Metzel (S.10/11), © Nicole Hildebrandt/luziapimpinella.com (S.15), © Enrique Silva (S.16/17), © ap/Brynjar Gauti (S.20/21), © USGS/Jim Vallance (S.25), © dpa/Jens Wolf (S.29 u.), © Thomas Wasilewski (S.30), © fotolia/Edler von Rabenstein (S.32/33), © Janpeter Schilling (S.37), © Reuters/Akhtar Soomro (S.38/39), © Stefan Kern (S.43), © iStockphoto/Dan Kite (S.44/45), © Claudia Haagen (S.48/49), © Astrid Haas/ah-buchkunst.de (S.52/53), © iStockphoto/Nancy Nehring (S.55)

**Herausgeber**

KlimaCampus, Universität Hamburg  
Exzellenzcluster CliSAP

**Redaktion**

Ute Kreis, Franziska Neigenfind, Katja Tholen-Ihnen, Stephanie Janssen,  
Öffentlichkeitsarbeit, Exzellenzcluster CliSAP

**Gestaltung**

HAAGEN design, Hamburg

**Auflage:** 3.000

Hamburg, 2012

mit freundlicher Unterstützung des Hamburger Abendblatts