



WETTEREXTREME nehmen zu: Überflutete Straßen in Bangladesch

# Zwei Grad noch

Der Streit um die globale Erwärmung ist entschieden, der Mensch als Schuldiger überführt. Jetzt geht es um die Frage: Wie viel Kohlendioxid können wir uns leisten? VON TOBIAS HÜRTER

12. Oktober 2006

DIE ZEIT Nr. 42



Fotos: Thomas Grabler/afp (li.), A.D.C./interTopics (re.)

GRÖNLANDS GLETSCHER bröckeln: Eisberge im Hafen von Uummannaq

Unsere Klimasorgen hätten frühere Erdbewohner gerne gehabt. Zur Zeit der Dinosaurier kletterte die Oberflächentemperatur der Ozeane bis auf Badewannenniveau. Unsere Vorfahren durchlitten Klimaschwankungen, gegen die alles, was für die Zukunft prophezeit wird, wie ein laues Lüftchen wirkt: Vor 30 000 Jahren schwankte das lokale Klima in Europa nach Änderungen der Meeresströme mehrmals um fast zehn Grad Celsius innerhalb eines Jahrzehnts. Gemessen an unseren Ansprüchen, war es in den vergangenen Jahrmillionen fast immer viel zu kalt oder viel zu warm. Selbst wenn die Menschheit alles verfeuert, was die Erde an fossilem Brennstoff hergäbe, würde sie den Kohlendioxidgehalt auf keinen absoluten Rekordstand treiben. Klimawandel ist offensichtlich erdgeschichtlicher Alltag. Warum jetzt die Aufregung?

Was die heutige Situation so brisant macht, ist weniger die Befindlichkeit der Atmosphäre als die der Menschheit. Die Blüte der Kulturen ist nicht zuletzt 10 000 Jahren ruhigem Klima zu verdanken. Ein Anstieg der Ozeane um einen halben Meter, wie er bis zum Ende des Jahrhunderts denkbar ist, wäre eine klimahistorische Lappalie – in extremen Treibhausphasen standen die Meeresspiegel 70 Meter höher als heute.

Die Menschheit aber hat ein Problem: Der zusätzliche halbe Meter würde allein in Bangladesch acht Millionen Bürger zur Flucht in höhere Gegenden zwingen. Die Niederlande kostete der Ausbau der Deiche mehr als eine Milliarde Euro. »Der Planet kommt mit dem Klimawandel klar, die Zivilisation nicht ohne weiteres«, sagt Stefan Rahmstorf vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung.

Auch die übrige Fauna und Flora ist auf stabile Verhältnisse angewiesen. Bei früheren Klimaumschwüngen wanderten Tiere und Pflanzen in wohllichere Gegenden. Heute blockiert vielerorts die menschliche Zivilisation die Migrationswege.

### Eine natürliche Erklärung für die Klimaerwärmung ist ausgeschlossen

Gewagt ist daher das Experiment, das die Menschheit mit dem Klima unternimmt. Seit der industriellen Revolution im 19. Jahrhundert reichert sich die Atmosphäre mit Kohlendioxid an – wohl schneller als je zuvor in der Erdgeschichte. Gleichzeitig stieg das globale Temperaturmittel bereits um etwa 0,8 Grad Celsius an. Zwar verrät das, für sich genommen, noch nichts über Ursache und Wirkung. Frühere Klimaumschwünge sind nur auf Veränderungen der Sonneneinstrahlung zurückzuführen. Aber diesmal ist eine natürliche Erklärung nach Stand der Forschung ausgeschlossen. Die Klimamodelle bilden nur dann getreu die Erwärmung der letzten 150 Jahre ab, wenn sie menschliches Zutun einkalkulieren.

Ist der Mensch damit als Klimaschädling überführt? Das hängt von den Ansprüchen seines Richters ab. »Die Beweise für die anthropogene Klimaerwärmung sind überwältigend«, sagt Stephen Schneider, Klimatologe an der Stanford University, »aber nicht im Sinne eines Strafprozesses, wo sie jenseits jeden Zweifels sein müssten, sondern im Sinne eines Zivilprozesses, in

dem man die Indizien gegeneinander abwägt.« Schneider weiß aus eigener Erfahrung, wie Klimaurteile kippen können: In den 1970er Jahren sah er die Menschheit noch vor einer selbstverschuldeten Eiszeit stehen.

Den Klimakundlern wird manchmal vorgeworfen, dass sie nicht mehr Gewissheit zu bieten haben. Aber das liegt in der Natur ihres Untersuchungsgegenstandes. Es gibt nun mal nur ein einziges Erdklima, und dessen Werdegang hinterlässt nur vage und versteckte Spuren. Während andere Wissenschaften ihre Hypothesen in langen Testreihen mit immer wieder reproduzierbaren Anfangsbedingungen prüfen können, bleibt den Klimaforschern zum Realitätsabgleich nur der Blick zurück in die Geschichte des Erdklimas – auf das, was in Sedimenten, Eisbohrkernen und Baumringen von ihr übrig ist.

Da scheint es geradezu vermessend, etwas über die Zukunft des Erdklimas sagen zu wollen. Die Schlüsselgröße der Klimaprognostik ist die so genannte Klimasensitivität. Sie gibt an, wie stark eine Verdopplung des atmosphärischen Kohlendioxidgehalts die globale Durchschnittstemperatur erhöht. Die erste fundierte Abschätzung der Klimasensitivität in den 1970er Jahren durch die National Academy of Sciences der USA grenzte sie zwischen 1,5 und 4,5 Grad Celsius ein. Diese Spanne ist in etwa noch immer Stand der Forschung. Der nächste große Bericht des UN-Klimarats IPCC – er erscheint 2007 – wird die Klimasensitivität auf 2 bis 4,5 Grad Celsius be-

ziffern, wie vorab durchsickerte.

Dass es nicht genauer geht, liegt an der Komplexität des Klimasystems. Wäre die Erde eine gleichförmige, lichtbeschienene Kugel, dann wäre Klimaforschung ein Kinderspiel. Aber der Planet schlingert und taumelt auf komplexer Bahn durchs Sonnensystem. Weder ist der Abstand zum Zentralgestirn eine Konstante noch der Winkel der Erdachse zur Umlaufbahn. Und an der Oberfläche mischen Gebirge, Meere und Wüsten kräftig mit. Ein Hauch zusätzliche Meeresbrise quirlt das Wasser – schon werfen mehr Schaumkronen das Sonnenlicht verstärkt zurück ins All.

Noch schwieriger ist der nächste Schritt, von der Klimasensitivität zu konkreten Vorhersagen. Schon ein größerer Vulkanausbruch kann den Klimatrend umlenken. Wann gibt der tauende sibirische Permafrostboden seine Methanblasen frei? Und wie mag sich der Flugverkehr entwickeln? Jeder Kondensstreifen kann zu einem Wolkenfeld wachsen – das je nach Gestalt heizend oder kühlend wirkt. Selbst die stärksten Großrechner sind damit überfordert, dieses atemberaubend komplexe System im Detail zu simulieren: In aktuellen Klimamodellen besteht Deutschland gerade mal aus einer Hand voll Rasterpunkten.

Mit »Wahrheit«, wie Al Gore sie verspricht, kann die Klimaforschung also nicht dienen. Wie jede empirische Wissenschaft kann sie ihre Hypothesen nur mehr oder weniger gut erhärten. Gerade sie, während der letzten Jahrzehnte von der unpolitischsten zur politischsten Disziplin der Naturwissenschaft aufgestiegen, setzt ihre Glaubwürdigkeit aufs Spiel, wenn sie ihre Ergebnisse überverkauft: Wahrscheinlichkeit als Wahrheit, Worst-Case-Szenarien als düstere Prophezeiungen.

Es ginge freilich zu weit, im Gegenzug den menschengemachten Klimawandel zur bloßen Spekulation herabzustufen. Woche für Woche stapeln sich die Forschungsarbeiten höher, die für globale Erwärmung sprechen. Kein Teil des Puzzles liefert den schlagenden Beweis. Manche widersprechen einander sogar. Aber das Gesamtbild ist so eindeutig, wie es sein kann. »Die Klimadebatte ist gelaufen«, befand das Wissenschaftsmagazin *Scientific American* vor einigen Wochen. Zumindest hat sie eine neue Phase erreicht. Es geht nicht mehr um das *Ob* der globalen Erwärmung, auch nicht um ihre Ursachen. Sondern darum, was gegen sie zu tun ist.

### Wie viel Zeit haben wir noch – nur noch fünfzig oder eher hundert Jahre?

Als kritische Grenze für den Klimawandel gilt eine Erwärmung von zwei Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau. Die Europäische Union hat sich in mehreren Beschlüssen der letzten Jahre das Ziel gesetzt, unter diesem Limit zu bleiben. Es ist ein Kompromiss zwischen Politik und Wissenschaft. Weniger als zwei Grad Erwärmung könnten mit ökonomisch realistischen Mitteln noch erreichbar sein, die Schäden durch Fluten, Dürren und Unwetter wären gerade noch erträglich. »Die Hinweise mehren sich, dass eine Erwärmung von mehr als zwei Grad zu massiven, möglicherweise nicht mehr beherrschbaren Risiken führt«, warnt Hans-Joachim Schellnhuber, stellvertretender Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung für globale Umweltveränderungen (WBGU). »Es entstünde ein völlig neues Konfliktklima, mit erheblichem Potenzial für Bürgerkriege und zwischenstaatliche Kriege.«

Jetzt wird allseits gerechnet: Wie viel Kohlendioxid kann die Atmosphäre wegstecken, ohne dass das Klima außer Kontrolle gerät? Zu vorindustriellen Zeiten enthielt die Atmosphäre 280 Kohlendioxidmoleküle pro Million Luftteilchen (*parts per million, ppm*). Konsens unter Forschern ist, dass die Menschheit diesen Wert tunlichst nicht mehr als verdoppeln sollte. Schon jetzt hat sie ihn auf 380 ppm getrieben – und die globalen Emissionen steigen mit exponentieller Dynamik.

Wenn es so weitergeht, enthält die Atmosphäre zum Ende des Jahrhunderts hin mindestens 800 ppm Kohlendioxid. Niemand weiß genau, was dann bevorstünde: Kollabieren die polaren Eisschilde? Verkümmern die tropischen Regenwälder? Kippen die Ökosysteme der übersäuerten Meere?

Kein Klimaforscher will das globale Fieberexperiment so weit treiben. Die Streitfrage ist jedoch, wie schnell und wie heftig gebremst werden muss. US-Forscher wie Stephen Pacala und Robert Socolow von der Princeton University gehen davon aus, dass es genügt, die Kohlendioxidemissionen auf heutigem Stand zu stabilisieren. Das reiche nicht, widersprechen Stefan Rahmstorf und seine Kollegen vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. Sie fordern mindestens eine Halbierung der globalen Emissionen – und zwar bis zur Mitte des Jahrhunderts. Der Meeresklimatologe Mojib Latif von der Universität Kiel wiederum gibt der Menschheit noch ein paar Jahrzehnte Bedenkzeit; der Übergang zur kohlenstofffreien Ökonomie könne sich geruhsam im Lauf der

nächsten 50 bis 100 Jahre vollziehen. Dagegen hält David King, der wissenschaftliche Chefberater der britischen Regierung, die Klimakatastrophe bereits für unabwendbar: »Es ist wahrschein-

lich jenseits unserer Möglichkeiten, unter der Zweigradgrenze zu bleiben.«

So sehen sich die Volkswirtschaften der Erde gedrängt, ihre Energie- und Verkehrssysteme umzubauen. Sollen sie es tun, nur weil ein paar hundert Gelehrte Alarm schreien, und das nicht einmal einhellig? Sie sollten es – sofern in der Politik so etwas wie ein Vorsichtsgebot gilt. Zumal der Umbau viele Entscheidungen vorwegnahme, die wegen des allmählichen Schwindens der fossilen Brennstoffe ohnehin anstehen.

Pacala und Socolow haben vor zwei Jahren in einer viel beachteten Arbeit vorgerechnet, wie das Klimaproblem mit heutiger Technologie zu lösen wäre. Sie prüften 15 »Stabilisierungskeile« (siehe Grafik) auf ihre Wirksamkeit: von der Energieeinsparung in Gebäuden und Autos über die verstärkte Nutzung von Kernkraft und erneuerbaren Energien bis hin zum Einfangen von Kohlendioxidabgas. Keiner dieser Keile kann allein den Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre stabilisieren. Zusammen aber schaffen sie es, sagen Pacala und Socolow. Das Bild von den Stabilisierungskeilen gefiel Al Gore so gut, dass er es zum zentralen Element seiner Klimaschutzvision gemacht hat.

Man muss nicht einmal, wie Gore es tut, unsere moralische Verantwortung gegenüber künftigen Generationen beschwören, um den Kampf gegen die globale Erwärmung zu rechtfertigen. Eine nüchterne Kosten-Nutzen-Kalkulation genügt: Die Beseitigung des Klimas würde das globale Wirtschaftswachstum bis zum Ende des Jahrhunderts nur um drei Monate verzögern, haben Klimaöko-

nomen des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung ausgerechnet. Unter dem Strich kommt es die Menschheit billiger, den Klimawandel zu bekämpfen, als mit ihm zu leben.