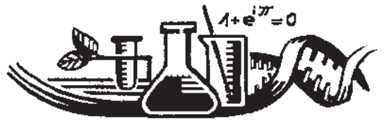
WISSENSCHAFT KOMPAKT



Kraftwerk ohne Kohlendioxid

Das weltweit erste Kohlendioxid-freie Kraftwerk, das mit fossiler Energie betrieben wird, entsteht im Nordosten von Schottland. Umgerechnet rund 750 Millionen Euro investiert ein von den Erdölkonzernen BP, ConocoPhillips und Shell angeführtes Konsortium in das neue 350 Megawatt-Gasturbinen-Kraftwerk. Mit dem Bau in Aberdeenshire soll im kommenden Jahr begonnen werden. Ein Projekt mit Doppelnutzen: Versorgt wird das neue Kraftwerk mit Erdgas aus der Nordsee. In einem speziellen Prozeß wird das Gas in Wasserstoff und Kohlendioxid aufgespalten. Mit dem Wasserstoff wird elektrischer Strom erzeugt. Die ab 2009 zur Verfügung stehende elektrische Energie reicht aus um eine viertel Million Haushalte zu versorgen. Pro Jahr könnten so 1,3 Millionen Kohlendioxid „eingespart" werden.
Das abgetrennte CO_2 wird per Pipeline zu dem 240 Kilometer entfernten Miller-Erdölfeld in der Nordsee verfrachtet und dort vier Kilometer tief unter die Lagerstätte gepumpt. Auf diese Weise steigt der Druck in dem von der Schließung bedrohten Ölfeld. Das Investorenkonsortium, das auch die Lagerstätte betreibt, hofft so noch für 15 bis 20 Jahre Erdöl und zusätzlich Erdgas fördern zu können. Die sogenannte Enhanced Oil Recovery-Technik wird seit Jahren von der Industrie eingesetzt um die Ausbeute von Erdöl- und Erdgasfeldern zu steigern. Das Prinzip ist einfach: Bei der Injektion von Kohlendioxid werden die Pumpen umgekehrt wie bei der Ölförderung laufen gelassen.
Angesichts zunehmender Probleme die im Kyoto-Protokoll vereinbarten Minderungsziele für den CO_2-Ausstoß noch fristgemäß zu erreichen, überlegen die USA und die EU große Mengen des Treibhausgases unter der Erde zu deponieren. Geologen glauben, daß es dort im Laufe von Jahrzehnten oder Jahrhunderten zu Kalkgestein umgewandelt wird. Schätzungen gehen davon aus, daß unter der Nordsee mindestens 1,6 Milliarden Tonnen Kohlendioxid deponiert werden könnten. Bislang fehlen jedoch Langzeiterfahrungen mit der Technik in großem Stil. Diese könnte das Projekt liefern.
Die britische Regierung hat angekündigt die CO_2-Deponierung mit umgerechnet etwa 40 Millionen Euro zu fördern. Auch die Industrie hofft auf einen Exportschlager. „Wir haben die Absicht die Erfahrungen aus dem Projekt und die dabei entwickelten Technologien weltweit zu vermarkten", erklärte der BP-Vorstandsvorsitzende Lord Browne. *SvdW*

GENTECHNIK
Genveränderte Tierorgane
Organe von genetisch veränderten Schweinen sind nach einer Transplantation auf den Menschen möglicherweise vor einer Immunreaktion geschützt. Forscher der Münchner Universität züchteten so genannte Trail-transgene Schweine. Diese Tiere tragen im Gegensatz zu ihren Artgenossen auf den Zelloberflächen ein bestimmtes Protein, das sie vor angreifenden Zellen der menschlichen Körperabwehr schützt. Erprobt wurde ein solcher Effekt allerdings bislang nur im Labor an Zellkulturen. Weitere Versuche sollen nun zeigen, ob der Mechanismus auch in lebenden Tieren funktioniert. Bei vielen Organerkrankungen kann das Leben der Patienten nur durch eine Transplantation gerettet werden. Da nicht genügend Spenderorgane von Menschen zur Verfügung stehen, greift die Medizin auch auf tierische Organe und Gewebe zurück. *AP*

RAUMFAHRT
„Mars Express" länger aktiv
Die europäische Sonde „Mars Express" wird ein Mars-Jahr – etwa 23 Monate – länger als geplant auf ihrer Umlaufbahn um den Roten Planeten Daten sammeln und Fotos machen. Das hat der für das Wissenschaftsprogramm verantwortliche Ausschuß der Europäischen Weltraumorganisation Esa entschieden. Die Aktivitäten des im Juni 2003 von Baikonur in Kasachstan aus gestarteten „Marx Express" endeten damit also nicht bereits im Dezember. Die Sonde bringe täglich neue Erkenntnisse zum Klima, der Geologie und den Wasservorkommen auf dem Nachbarn. Die Verlängerung des Fluges macht es auch möglich, die nächtlichen Aufnahmen mit einem Spezialradar fortzusetzen. *dpa*

ASTRONOMIE
Kosmische Katastrophen
Trotz der gewaltigen Entfernungen zwischen den Galaxien kommt es in Galaxienhaufen immer wieder zu Zusammenstößen zwischen den Sternsystemen. Amerikanische Wissenschaftler konnten jetzt erstmals die Spuren dieser kosmischen Katastrophen im 50 Millionen Lichtjahre entfernten Virgohaufen nachweisen. Die Kollisionen lassen ein komplexes Netz von Sternströmen zurück, das den Galaxienhaufen durchzieht. „Auf Grund von Computersimulationen der Galaxienkollisionen haben wir seit langem vermutet, daß es ein solches Sternennetz geben muß", erläutert Chris Mihos von der Case Western Reserve University in Cleveland, Ohio, der das Forschungsprojekt leitet. „Es ist jedoch sehr schwer, diese Sterne nachzuweisen, da ihr Licht extrem schwach ist." Tatsächlich leuchtet das intergalaktische Sternennetz sogar tausendmal schwächer als der von der Erde sichtbare dunkle Nachthimmel. *wsa*

BIOLOGIE
Chromosom in Maus versetzt
Es ist ein medizinisch-technischer Durchbruch: Britische Wissenschaftler haben erstmals ein menschliches Chromosom in Mäuse verpflanzt. Sie erhoffen sich von ihrem Erfolg Aufschluß über verschiedene Krankheiten des Menschen – unter anderem das Down-Syndrom, Leukämie und Alzheimer. Der Schritt sei nach 13jähriger Forschung gelungen, berichten die Wissenschaftler des Institute for Medical Health in London sowie des Institute of Neurology. Sie mischten das menschliche Chromosom 21 mit embryonalen Stammzellen der Mäuse und spritzten die veränderten Zellen in Mäuse-Embryonen. *rtr*

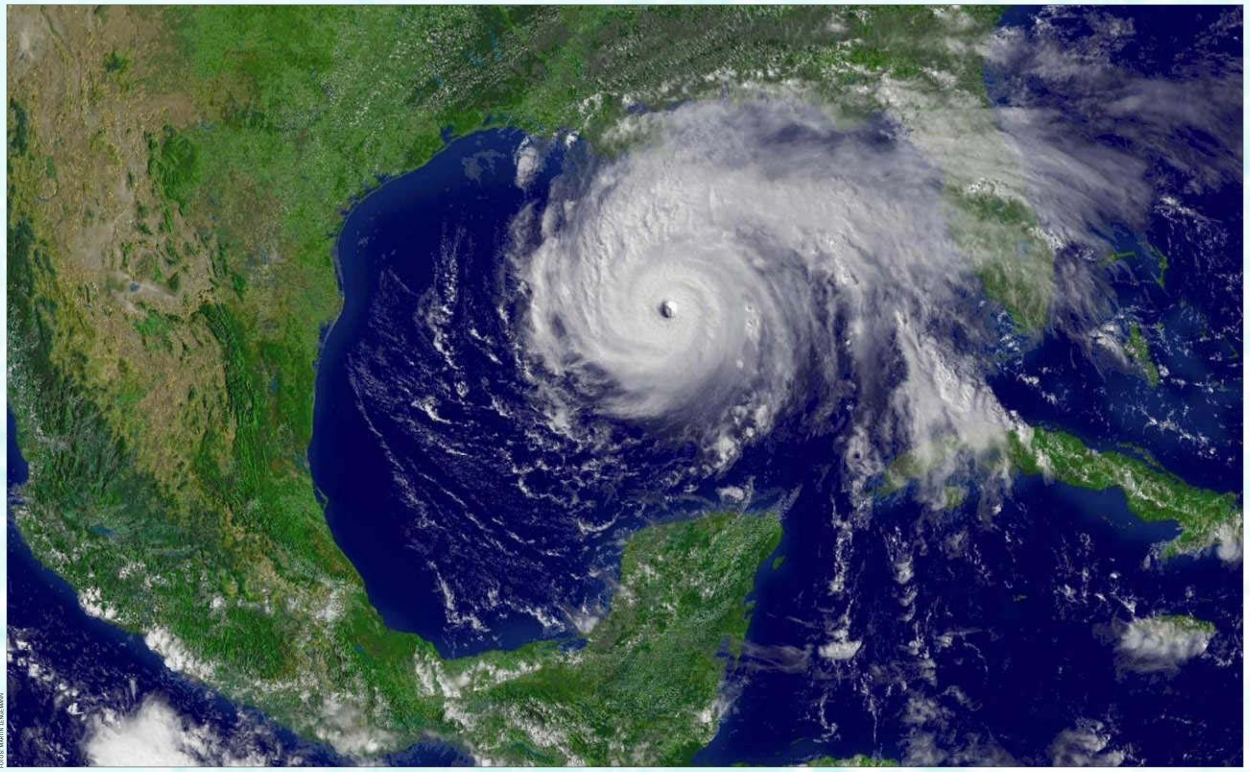
DIE EMPFEHLUNG

Wissen neu erleben – Ozeane: Die Weltmeere bedecken fast drei Viertel der Erdoberfläche. Sie sind das Thema dieses wunderbaren Bildbandes, der mit sehr kurzen, aber gleichwohl sehr prägnanten und informativen Texten ausgestattet ist. Der Leser erfährt wie Wissenschaftler die Ozeane erforschen und welche Formen von Leben sie in den Weiten der Meere entdeckt haben. Besonders spannend ist dabei die Tiefsee mit ihren bisweilen sehr skurrilen Lebewesen. Das Buch ist einerseits ein Lehrbuch, denn es geht durchaus um Chemie und Physik. Doch vor allem ist es eben doch ein Bilderbuch, in denen mehr als 600 grandiose Fotos, Grafiken und dreidimensionale Abbildungen das anschaulich machen, was ansonsten den Blicken der allermeisten Menschen verborgen bliebe. Das Buch klammert den Einfluß des Menschen auf das Ökosystem der Weltmeere nicht aus. Die Ozeane drohen mancherorts zu Müllkippen zu werden und die Überfischung bedroht den Bestand vieler Arten. Übrigens: Es erklärt auch wie Hurrikane über den Meeren entstehen. *nlo*
Stephen Hutchinson, Lawrence Hawkins. blv, München, 304 Seiten, 24,90 Euro

Das Ressort Wissenschaft erreichen Sie unter:
Telefon: 030 25 91 - 7 19 68
Fax: 030 25 91 - 7 19 67
E-Mail: wissenschaft@welt.de
Internet: www.welt.de/wissenschaft

Gletscher schmelzen, **Hurrikane** toben, Südeuropa wird von immer stärkeren **Dürren** heimgesucht, katastrophale **Waldbrände** und anderenorts sintflutartige Regenfälle. Sind das die Folgen der Emission von **Treibhausgasen?**

Wohin treibt uns der Klimawandel?



Der Hurrikan Rita auf dem Weg nach Texas. Ist er ein Indiz dafür, daß wir bereits unter den Folgen des globale Klimawandels zu leiden haben? Im April diesen Jahres diskutierten die Klimaforscher Stefan Rahmstorf und Hans von Storch Fragen rund um den Klimawandel in der Redaktion der WELT.

Die Wirbelstürme Katrina und Rita haben eine Diskussion darüber entfacht, ob der globale Klimawandel künftig für eine Häufung dieser Naturereignisse sorgen wird. Werden die Risiken der Treibhausgas-Emissionen richtig eingeschätzt und was nutzt das Kyoto-Protokoll? DIE WELT hat zwei renommierte Klimaforscher zu diesen Fragen zum Streitgespräch geladen: Professor Stefan Rahmstorf vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) mit dem Spezialgebiet „Physik der Ozeane" und den Mathematiker und Physiker Professor Hans von Storch, der das Institut für Küstenforschung am GKSS-Forschungszentrum in Geesthacht leitet. Das Gespräch führten Wolfgang W. Merkel und Norbert Lossau.

DIE WELT: *Wie sinnvoll ist das Kyoto-Protokoll?*
Stefan Rahmstorf: Er ist ein wichtiger erster Schritt in Richtung Klimaschutz. Das Kyoto-Protokoll bringt Reduktionsverpflichtungen bei den Treibhausgasen bis 2012. Das sind zunächst kleine Schritte, vergleichbar den ersten 100 Metern beim Besteigen eines Berges.
Hans von Storch: Dieser Berg ist ein sehr großes Ziel. Ob man es tatsächlich erreichen kann, ist die Frage. Die größere Bedeutung des Kyoto-Protokolls liegt für mich im Politisch-Psychologischen. Es ist eine Anerkenntnis, daß hier ein Problem zwischen den Staaten besteht. Die Wirksamkeit des Protokolls, den Klimawandel zu verlangsamen, ist gering.

DIE WELT: *Worum geht es konkret?*
Rahmstorf: Wenn wir den Anstieg des Treibhausgases Kohlendioxid (CO_2) in der Atmosphäre stoppen wollen, muß man die Emissionen global um etwa 60 Prozent verringern.
Von Storch: Es wäre schön, wenn wir den CO_2-Level stabilisieren könnten, aber vielleicht können wir das gar nicht. Man sollte sich zunächst vorrangig darüber klar werden, welche Folgen ein Nichterreichen hat.
Rahmstorf: „Nicht können" ist eine politische Aussage. Aus naturwissenschaftlicher Sicht können wir das Klima stabilisieren, und das ist auch völkerrechtlich anerkannt: die UN-Konvention zum Klimawandel (UNFCCC) von 1992 verpflichtet uns, das CO_2 auf einem Niveau zu stabilisieren, das einen „gefährlichen Eingriff in das Klimasystem" vermeidet.
Von Storch: Unklar ist aber, was „gefährliches Niveau" bedeutet.

DIE WELT: *Was kann denn die Wissenschaft wirklich gesichert dazu sagen?*
Rahmstorf: Allgemein gesichert ist erstens: Die CO_2-Konzentration ist von dem vorindustriellen Niveau von 280 parts per million (ppm) auf heute etwa 380 ppm angestiegen und liegt damit deutlich höher als jemals in den letzten 700 000 Jahren. Unstrittig ist zweitens, daß dieser Anstieg von Menschen verursacht wurde.
Von Storch: Ja, einverstanden.
Rahmstorf: Drittens ist unstrittig, daß CO_2 ein klimawirksames Gas ist. Damit ist klar, daß es durch den Anstieg zu einer Klimaerwärmung kommt. Die besten Abschätzungen, die wir für die Erwärmung bei einer Verdopplung des CO_2 haben, liegen zwischen zwei und vier Grad Celsius.
Von Storch: Dazu sollte man wissen, woher diese Einschätzung stammt. Früher gab es nur zwei Gruppen, die sich mit dieser Frage beschäftigt haben. In einem ersten Workshop fand eine Gruppe zwei Grad als Temperatursensitivität, die andere vier Grad. Daraufhin wurde der Konsensus 1,5 bis 4,5 Grad beschlossen. Mystischerweise blieb es immer bei diesem Intervall. Es gab in „Nature" unlängst eine Publikation, in der plötzlich von elf Grad die Rede war und einige Berechnungen ergaben sogar eine Abkühlung. So einig ist man sich also nicht mehr.
Rahmstorf: Das war aber keine ernsthafte neue Abschätzung, sondern nur ein Experiment, in dem man sehen wollte, was passiert, wenn man Modellparameter stark verdreht. Und ich sage ja bewußt: *wahrscheinlich* zwischen zwei und vier Grad.
Von Storch: Der Wahrscheinlichkeitsbegriff des UN-Klimabeirats ist ja ein willkürlicher. Dahinter stehen Meinungen von Experten, die alle an diesem Vorgang der Konsensfindung beteiligt waren. Jene, die in der Nähe dieser Zahlen sind, „überleben" besser als jene, die weiter außerhalb sind. Da ist im Wissenschaftssystem ein sozialer Filter im Spiel, der bewirkt, daß man sich nicht zu sehr vom „Wahrscheinlichen" entfernt.
Rahmstorf: Die Wissenschaft überprüft ja immer wieder kritisch ihre Annahmen und denkt sich neue Tests für die Modelle aus. Das ist kein sozialer Filter, sondern ein Meßdaten-Filter.
Von Storch: Klimamodelle werden mit Beobachtungsdaten verglichen – aber wenn diese gut dargestellt werden, bedeutet dies nicht, daß die gleichen Modelle gut in die Zukunft extrapolieren. Wissenschaft ist zweifellos ein sozialer Prozeß. Sonst würden wir hier nicht sitzen.
Rahmstorf: Aber wir können die Modelle an Daten prüfen. Es gab Zeiten in der Klimageschichte, wo die CO_2-Konzentration anders war – etwa die letzte Eiszeit. Wir haben kürzlich gezeigt, daß ein Wert der Klimasensitivität über vier Grad kaum mit den Daten aus der letzten Eiszeit vereinbar wäre.
Von Storch: Sicher ist dies in Maßen möglich. Doch die Paläodaten sind ziemlich ungenau. Ich werde nicht erstaunt sein, wenn es in den nächsten Jahren Überraschungen gibt.

DIE WELT: *Wie kann man Aussagen für Jahrhunderte treffen, wenn man doch nicht einmal das Wetter von nächster Woche präzise vorhersagen kann?*
Rahmstorf: Wettervorhersage gleicht dem Problem, bei einem kochenden Topf Wasser vorherzusagen, wo genau die nächste Luftblase aufsteigen wird. Eine Klimaaussage wäre, daß die mittlere Temperatur des kochenden Topfes bei Normaldruck 100 Grad ist. Bei weniger Druck im Hochgebirge kocht das schon bei 90 Grad.

DIE WELT: *Aber Klimavorhersagen streuen doch beim prognostizierten Temperaturanstieg sehr stark?*
Rahmstorf: Da möchte ich eine Analogie des Romanautors Michael Crichton aufgreifen. Er fragt: Warum sollen wir den Klimaforschern glauben? Wenn der UN-Klimabeirat eine Erwärmung zwischen 1,4 und 5,8 Grad vorhersagt, ist das wie ein Architekt der sagt: „Dein neues Haus wird zwischen 100 000 und 400 000 Euro kosten." So einen Architekten würde man in die Wüste schicken. Aber da verdreht Crichton die Fakten. Die Szenarien funktionieren anders, nämlich wie ein Architekt der sagt: Wenn du alles mit goldenen Wasserhähnen und Marmor haben willst, dann kostet dein Haus 300 000 bis 400 000 Euro. Die einfache Variante kostet nur 200 000 bis 300 000. Übertragen heißt das: Wie stark ändert sich das Klima, wenn wir sehr viel Kohle verheizen oder wenn wir mehr auf erneuerbare Energien setzen?
Von Storch: Die Analogie greift nur, wenn wir zwischen den Szenarien wählen können. Das bezweifle ich. In dieser Hinsicht sind wir beide inkompetent.
Rahmstorf: Ja, das ist Politik.
Von Storch: ... oder Wirtschaftswissenschaft. Es gibt bei diesen Szenarien ein Unwohlsein. In der öffentlichen Wahrnehmung wird das Szenario „5,8 Grad Erwärmung" bis Ende des Jahrhunderts gern nach vorn gespielt. Es ist das Szenario, das die stärksten Emissionen voraussetzt. Um die zu erreichen, müßten wir ein erhebliches Wirtschaftswachstum in der Dritten Welt haben.
Rahmstorf: Wer spielt das 5,8-Grad-Szenario in den Vordergrund?
Von Storch: Die Medien, denen dies von Wissenschaftlern suggeriert wird.
Rahmstorf: Die Impact-Studien, die ich kenne, werden in der Regel mit den mittleren Szenarien gemacht, für zwei oder drei Grad Erwärmung.

DIE WELT: *Was sind Impact-Studien?*
Von Storch: Sie betrachten die Frage, was das sich verändernde Klima zum Beispiel für den Wald, das Watt oder den Meeresspiegel bedeutet.
Rahmstorf: Ein Beispiel sind ökologische Studien. Eine Reihe von Ökosystemen sind durch die Erwärmung gefährdet, etwa die alpinen Ökosysteme, die wie Inseln der Kälte in einem Meer der Wärme existieren. Wenn das Klima drei Grad wärmer wird, würden in Neuseeland 80 Prozent dieser Kälteinseln im Hochgebirge verschwinden – mit ihnen ein Drittel bis die Hälfte der alpinen Pflanzenarten.
Von Storch: Ich habe oft beobachtet, daß dramatische Szenarien genommen werden. Nehmen Sie etwa die Darstellung, daß mehr oder weniger ganz Schleswig-Holstein untergeht.

DIE WELT: *Wie läßt sich ein noch tolerierbarer Temperaturanstieg definieren?*
Rahmstorf: Die EU will die Erderwärmung auf zwei Grad zu begrenzen …
Von Storch: Woher kommt dieses Ziel?
Rahmstorf: Es ist ein Ziel, das wie eine Geschwindigkeitsbegrenzung gesetzt wurde. Es gibt keine plötzliche Zunahme von Verkehrsunfällen auf der Landstraße, wenn man die Geschwindigkeitsbegrenzung nicht auf 100, sondern auf 110 setzt. Aber es ist klar, daß es bei 200 zu viele Tote gäbe. Eine solche Norm ist vernünftig im Umgang mit kollektiven Risiken.
Von Storch: Hier verlassen wir den Bereich der Naturwissenschaft. Naturwissenschaftler haben, wenn sie mit Medien reden, häufig Schwierigkeiten damit, darauf zu achten, worüber sie sprechen: als Naturwissenschaftler oder als Bürger. Im Laufe so eines Gesprächs werden wir mit Fragen der Politik konfrontiert, für die wir keine Autorität haben, aber es erscheint so, als hätten wir sie.

DIE WELT: *Kann die Wissenschaft einen Rat geben, wie man Geld sinnvoll einsetzt – eher zur Reduktion von CO_2-Emissionen oder für den Deichbau?*
Von Storch: Wenn nur Deutschland aufhört, CO_2 zu emittieren, würde dies nicht viel nutzen, wenn der Rest einfach weitermacht. Dann sollte man nur Anpassungsmaßnahmen finanzieren. Wenn aber die Staatengemeinschaft gemeinsam Emissionen reduziert, sollte man einen Mix zu fahren.
Rahmstorf: Man muß beides tun. Man muß die Verletzlichkeit verringern, durch Küstenschutz und so weiter. Aber all dies wird nicht mehr greifen, wenn wir den Klimawandel nicht gleichzeitig bremsen. Wenn wir die Treibhausgas-Emissionen 100 Jahre weiterlaufen lassen, dann wird der spätere Meeresspiegelanstieg wahrscheinlich im Bereich von mehreren Metern liegen. Und dann wird es ziemlich schwer, mit Küstenschutzmaßnahmen noch etwas zu erreichen.
Von Storch: Mehrere Meter – das würde mehrere Jahrhunderte dauern. Aber neben der Strategie die Emissionen jetzt massiv herunterzufahren, könnte man zunächst auch abwarten, ob wir nicht in 40 Jahren eine Technologie kriegen, die die Emissionsprobleme löst. Das ist die Strategie, die in den USA verfolgt wird. Das ist eine andere Weltsicht, die nicht die meine ist, die ich aber nicht verurteilen will.

DIE WELT: *Dann könnte man also erst einmal alles weiterlaufen lassen?*
Rahmstorf: Der Meeresspiegel und das Polareis haben die Eigenschaft, daß sie sehr langsam, aber nachhaltig reagieren. Selbst wenn man die Erwärmung in diesem Jahrhundert bei drei Grad stoppt, wird der Meeresspiegel noch Jahrhunderte weiter ansteigen. Man kommt mit durchaus plausiblen Annahmen bei einer Erwärmung um drei Grad global bis zum Jahr 2300 auf einen Meeresspiegelanstieg zwischen drei und fünf Metern. Das spricht dafür, die Erwärmung nicht bis drei Grad laufen zu lassen.

DIE WELT: *Werden nicht trotzdem zu viele Mittel in die Erforschung der Klimaproblematik investiert, die dann anderswo fehlen?*
Von Storch: Wir können diese Frage auch in der Einheit „Aufmerksamkeit" messen. Die öffentliche Aufmerksamkeit ist ebenso begrenzt wie finanzielle Mittel. Dadurch, daß wir sehr viel Aufmerksamkeit in das Klimathema geben, geben wir weniger Aufmerksamkeit in andere Themen – etwa die Armut in Afrika.
Rahmstorf: Das ist sehr polemisch, wenn man die Armen in Afrika dem Klimaschutz gegenüberstellt. Als würde es denen abgezogen, wenn wir Klimaschutz machen.
Von Storch: In der Aufmerksamkeit schon.
Rahmstorf: Es geht beim Klimaschutz doch eher darum, daß wir zum Beispiel auf effizientere Autos umsteigen. Da kann trotzdem oder gerade deswegen Geld nach Afrika fließen.

„Ich bin kein Weltretter. Ich beobachte und versuche zu verstehen, wie alles zusammenhängt."
Hans von Storch

„Selbst wenn man die Erwärmung in diesem Jahrhundert bei drei Grad stoppt, wird der Meeresspiegel noch Jahrhunderte weiter ansteigen."
Stefan Rahmstorf

FOTOS: MARTIN LENGEMANN

Von Storch: Um es klarer zu sagen: Die Tatsache, daß wir uns sehr viel um Klimaschutz grämen, bedeutet, daß wir weniger an Afrika denken.
Rahmstorf: Wir haben 1992 die Klima-Konvention verabschiedet und nach 13 schleppenden Jahren endlich das Kyoto-Protokoll in Kraft, als ersten kleinen Schritt. Man kann nicht sagen, daß große Ressourcen und Kreativität in den Klimaschutz fließen.
Von Storch: Doch, da geht eine Menge Kreativität hinein. Aber zurück zur Aufmerksamkeit: Wie oft haben wir in der Zeitung Meldungen zum Thema Armut und wie oft zum Klimaschutz? Es ist ziemlich eindeutig. Der Preis, den wir zahlen, ist auch ein Preis in der Einheit „Aufmerksamkeit". Obwohl ich nicht entscheiden will, ob das eine oder das andere Thema wichtiger ist.
Rahmstorf: Ich würde mir natürlich auch wünschen, daß mehr berichtet wird über die Armutsproblematik. Ich sehe aber nicht, daß die Alternative Klimaschutz oder Armut heißt. Im Gegenteil glaube ich, daß langfristig das Armutsproblem nicht gelöst werden kann, wenn man die Umweltprobleme vergißt. Die armen Länder sind am verletzlichsten gegenüber dem Klimawandel. Abschätzungen sagen für die landwirtschaftliche Produktion gerade in Afrika sehr starke Einbrüche voraus.

DIE WELT: *Doch werden am Ende nicht einfach wirtschaftliche Kriterien die Basis für Entscheidungen sein?*
Rahmstorf: Laden Sie doch mal Ökonomen zu diesem Thema ein. Meine Kollegen vom PIK werden Ihnen erklären, daß Klimaschutz ohne große Wachstumseinbußen möglich ist und es keinem wehtun wird, wenn wir im Laufe der nächsten 100 Jahre die Emissionen um 80 Prozent runterfahren. Das ist ein Strukturwandel in der Energiewirtschaft, der machbar ist.

DIE WELT: *Klimaschutz zum Nulltarif?*
Rahmstorf: Fast. Die Abschätzungen liegen bei etwa einem Prozent des Bruttosozialprodukts über die nächsten 100 Jahre.

DIE WELT: *Stimmt das, Herr von Storch?*
Von Storch: Stefan Rahmstorf sagt das, weil seine Ökonomen am PIK ihm das sagen. Ich traue diesen Ökonomen nicht. Wenn ich im Jahr 1900 Ökonomen befragt hätte, was hätten die wohl für wahrscheinlich oder für möglich gehalten? Es wird so enorme Umwälzungen geben, daß ich mir nicht vorstellen kann, daß Ökonomen das wirklich übersehen können. Laßt uns trotzdem überlegen, was wir mit diesem Prozent sonst noch anstellen könnten? Wir könnten Aids-Medikamente umsonst verteilen, Malaria bekämpfen und eine ganze Menge andere sinnvolle Dinge machen.
Rahmstorf: Das sind jedenfalls nicht Beträge, durch die wir zu arm würden, um den Armen in Afrika zu helfen. Man sollte nicht suggerieren, daß uns die Wirtschaft zusammenbricht.

DIE WELT: *Wenn dem so ist, warum dann dieser Widerstand der USA?*
Von Storch: Die sind ja auch nicht dumm. Wenn alles so einfach wäre, müßten auch alle anderen klugen Leute das einsehen.
Rahmstorf: Es gibt natürlich Verlierer in diesem Spiel – etwa die fossile Energiewirtschaft. Sie bildet eine sehr starke Lobby und versucht, Klimaschutzmaßnahmen zu verhindern. Ein Beispiel: Kalifornien hat ein Gesetz verabschiedet, das verlangt, daß Autos ab dem Modelljahr 2009 bestimmte CO_2-Standards einhalten müssen. Das Competitive Enterprise Institute, eine Lobbygruppe, und eine Vereinigung der Automobilhersteller versucht diesen Klimaschutzstandard vor Gericht zu verhindern.
Von Storch: Ich weigere mich zu glauben, daß alle Ökonomen, die eine andere Einschätzung haben, von den Lobbyisten gekauft oder beeindruckt sind. Nur weil ich in einer risikofeindlichen Kultur aufgewachsen bin, muß ich nicht allen anderen sagen, ebenfalls risikofeindlich zu sein. Aber ich sage: Laßt uns versuchen, rationaler zu werden. Oft hängt die Wirkung einer Maßnahme davon ab, wie sich die Dinge sonst noch entwickeln. Wesentliche Auswirkungen des Klimawandels werden für die Landwirtschaft erwartet. Ein sehr signifikanter Faktor ist aber die EU-Agrarpolitik. Die kann ich jedoch kaum vorhersagen. Die ganzen landwirtschaftlichen Flächen werden vielleicht gar nicht mehr gebraucht. Wir werden neue, heute unbekannte Technologien bekommen. Aber viele von den Impactstudien gehen davon aus, daß die Welt im wesentlichen noch so organisiert sein wird wie heute. Wir müßten stärker Szenarien der gesellschaftlichen Entwicklung erarbeiten.
Rahmstorf: Die Folgen des Klimawandels treffen nicht nur die Gesellschaft. Auch die Folgen für die Ökosysteme sind sehr einschneidend. Wir haben, wenn wir die pessimistischere Hälfte der Szenarien ansehen, drei, vier, vielleicht fünf Grad Erwärmung in diesem Jahrhundert. Auf dem Höhepunkt der letzten Eiszeit war es im globalen Mittel vier bis sieben Grad kälter als heute. Also kommen wir in eine ähnliche Größenordnung wie die Erwärmung am Ende der letzten Eiszeit. Nur hat die damals zirka 5000 Jahre gedauert. Und jetzt machen wir etwas in ähnlicher Größenordnung in 100 oder 150 Jahren. Da können sich die Ökosysteme nicht anpassen. Diese Auswirkungen werden auch nicht dadurch abgemildert, daß die Menschen in 50 Jahren bessere Technologien haben. Den Artenreichtum unserer Erde zu schützen ist nicht Risikoscheu.

DIE WELT: *Die Komplexität dieses Themas ist offenbar so groß, daß selbst Sie als Experten bisweilen frustriert vor dem Berg offener Fragen stehen?*
Von Storch: Nein, das macht Spaß. Mich interessiert, wie dieses gesamte System funktioniert. Ich bin kein Weltretter. Ich beobachte und versuche zu verstehen, wie das alles zusammenhängt.

DIE WELT: *Herr Rahmstorf, macht auch Ihnen die Klimaforschung Spaß?*
Rahmstorf: Ja, absolut. Trotzdem finde ich die Politik frustrierend: weil ich das Gefühl habe, daß seit Jahrzehnten über Klimaschutz geredet wird, daß er aber in der Prioritätenliste unserer Volksvertreter weit unten steht.

DIE WELT: *In welcher wissenschaftlichen Frage gibt es zwischen Ihnen beiden den größten Dissens?*
Von Storch: Ich glaube nicht, daß es da so große Unterschiede gibt; aber in der Bewertung der ethischen und politischen Dimensionen. Und auch was die Kommunikation mit der Öffentlichkeit angeht und in der Bewertung des sozialen Prozesses Wissenschaft.
Rahmstorf: Ich kann im naturwissenschaftlichen Diskurs keine ernsthaften Unterschiede entdecken. Wir haben vielleicht einen Unterschied bei der Bewertung der Temperaturgeschichte der letzten 1000 Jahre.

DIE WELT: *Sie spielen auf die umstrittene „Hockeyschläger-Kurve" an, die über einen langen Zeitraum eine mehr oder weniger kontinuierliche Globaltemperatur belegen soll und erst im vergangenen Jahrhundert eine steile Zunahme aufweist?*
Von Storch: Wir finden, daß die Methode zu ihrer Bestimmung falsch ist. Ich sage nichts über den Temperaturverlauf selbst. Die Frage, ob der lange „Stiel" dieser Kurve für die letzten 1000 Jahre stimmt, ist für die Sache nicht besonders wichtig, aber für die Bewertung des Prozesses Wissenschaft.
Rahmstorf: Die Wortwahl „stimmt oder nicht stimmt" ist keine realistische Wiedergabe des wissenschaftlichen Prozesses, weil eine solche Rekonstruktion nur eine mehr oder weniger gute Annäherung an die Realität ist.
Von Storch: Gut, ich müßte wohl exakter sagen: In diesem Fall war die Mathematik nicht in Ordnung. Denn die Kurve lag außerhalb des Fehlerbereiches, was mathematisch unzulässig ist.
Rahmstorf: In diesem Modell lag sie außerhalb des Fehlerbalkens. Aber in einem anderen Modell, dem NCAR-Modell des National Center for Atmospheric Research, lag sie innerhalb. Deswegen sage ich: ich bin da noch unentschieden.
Von Storch: Ich stelle eine Frage an die Methode, nicht an die Kurve. Ich erwarte von Methoden, daß sie auch stimmen, wenn ich nicht weiß, wie die Realität war. Die Methode muß in allen Fällen, auch in angenommenen, funktionieren. Wenn ich sage, Schwäne sind weiß und ich finde einen schwarzen, dann ist die Aussage falsch. Das ist eine Methodenkritik. Als Mathematiker spiele ich da nicht mit.
Rahmstorf: Das finde ich sehr absolut gedacht, wirklich wie ein Mathematiker. Für einen Mathematiker sind die Dinge entweder richtig, oder sie sind falsch. Ein Physiker weiß, daß bestimmte Näherungen in einem gewissen Rahmen funktionieren. Wenn man darüber hinausgeht, dann versagt diese Näherung, dann wird das Ergebnis immer ungenauer. Die Welt ist nicht schwarz oder weiß, sondern sie hat für einen Physiker Graustufen. Ich finde es wichtig, daß wir hier einen Konsens festhalten, daß diese Hockeyschläger-Diskussion irrelevant ist, die da durch die Medien gelaufen ist.
Von Storch: Für die Klimadebatte selbst war sie nicht Für die Bewertung des sozialen Prozesses Klimaforschung war sie relevant.
Rahmstorf: Für die Soziologen ist das vielleicht interessant.
Von Storch: Nein, es muß auch für die Öffentlichkeit von Interesse sein zu wissen, wie Wissenschaft funktioniert. Wie es sein konnte, daß diese Hockeyschläger-Kurve einen derartigen Stellenwert bekommen hat im UN-Klimabeirat IPCC. Das IPCC hat nicht gesagt: Das war definitiv so und so. Aber das IPCC hat das in seinem Bericht auf eine Weise geschrieben, daß man sehr gut glauben konnte, daß es so war. Das ist eine der Methoden, wie man Politik oder Rhetorik macht. Man zeigte zum Beispiel in der Zusammenfassung für Politiker erst einmal die wohl dokumentierte Kurve der letzten 150 Jahre. Darunter dann die weniger dokumentierte Hockeyschläger-Kurve. Viele Leute, auch Politiker, gucken sich nur die Bilder an. Die glauben dann sofort, die untere Kurve ist genauso sicher wie die obere.
Rahmstorf: Aber die riesigen Fehlerbalken waren dort abgebildet.
Von Storch: Trotzdem geht man davon aus, daß das im Wesentlichen so ist. Nur wer naturwissenschaftlich da rangeht, kann damit umgehen. Genauso wurden in der Zusammenfassung für die Politiker die Zunahme der Temperatur und die Zunahme der Schäden, die von den Versicherungen notiert werden, gegenübergestellt. Laien sehen dann einen kausalen Zusammenhang.

DIE WELT: *Das ist also eine Frage der Glaubwürdigkeit.*
Rahmstorf: Ja, es ist eine Frage der Glaubwürdigkeit. Aber der einzige Vorwurf, den man dem IPCC machen kann, ist, daß die Grafik überhaupt abgebildet wurde. Daneben steht ein Textabsatz; der klarmacht, daß aus klimahistorischen Daten folgt, daß wahrscheinlich die 1990er-Jahre das wärmste Jahrzehnt der letzten 1000 Jahre waren. Und eine Fußnote auf derselben Seite sagt extra: „wahrscheinlich" bedeutet mit 66-prozentiger Wahrscheinlichkeit. Diese Aussage hat sich durch die neueren Arbeiten inzwischen stark erhärtet.
Von Storch: Es wird hier eine Sicherheit suggeriert. Die IPCC-Leute wissen, was sie tun. Das sind Profis.

DIE WELT: *Was glauben Sie, hat diese Leute dann getrieben?*
Von Storch: Letztendlich wollen sie eine klare, für die Öffentlichkeit gut verwertbare Aussage haben: Wir haben Klimawandel, Klimawandel ist gefährlich, Klimawandel ist zu vermeiden.

DIE WELT: *Ist das nicht eine legitime Vereinfachung?*
Von Storch: Ja, das braucht Politik auch. Aber nicht die Wissenschaft. Wir sind keine Politiker, wir dürfen deren Entscheidungen nicht vorwegnehmen und auch nicht dadurch manipulieren, daß wir die Fakten interessant darstellen.
Rahmstorf: Ein 800-Seiten-Werk auf 20 Seiten zusammenzufassen; ist natürlich zwangsläufig eine Vereinfachung – sie muß aber korrekt die wesentlichen Folgerungen wiedergeben. Die National Academy der USA hat genau dies übrigens im Juni 2001 im Auftrag von Präsident Bush untersucht und befunden: die Folgerungen der Summary sind konsistent mit dem dicken Haupttext.

DIE WELT: *Wenn Sie – etwa als hypothetischer Chef einer Weltregierung – eine Entscheidung im Hinblick auf die Klimapolitik treffen dürften: Was würden Sie tun?*
Rahmstorf: Ich würde ein globales System für den Handel von Treibhausgasemissionen einführen und Obergrenzen festlegen. Die werden immer wieder im Lichte der gewachsenen Erkenntnis angepaßt. Aber ab da darf die Atmosphäre nicht mehr gratis als Müllkippe für Klimagase benutzt werden. Die Quoten kann man handeln, dann hat CO_2 einen Preis. Dann kann jeder, der eine clevere Idee zur Reduktion hat, damit Geld machen. Und dann, glaube ich, werden die Ingenieure dieses Problem sehr schnell in den Griff kriegen.
Von Storch: Ich würde eine Bestandsaufnahme der Verletzlichkeit der Welt in Auftrag geben und dann Vorsorgemaßnahmen zu deren Reduktion anschieben.

DIE WELT: *Wir bedanken uns für das Gespräch.*

FOTO: AP/ KEVORK DJANSEZIAN

Hurrikan

„Katrina" tobte als elfter Tropensturm in diesem Jahr über den atlantisch-karibischen Raum und Amerika, hinterließ Trümmer- und Schlammberge in New Orleans (Foto). Ob Klimawandel oder falsche Stadtplanung – die Experten streiten sich über die Ursachen der Katastrophe. Jetzt droht Hurrikan„Rita", und Schätzungen zu folge muß mit bis zu acht weiteren Hurrikans in dieser Sturmsaison gerechnet werden: Relativ warmes Wasser an der Meeresoberfläche sorgt für die enorme Aktivität. Die natürlichen Schwankungen werden überlagert von einem Trend zu vermehrten Stürmen – dazu paßt die Prognose, daß die Klimaerwärmung Stürme begünstigt.

FOTO: PICTURE-ALLIANCE / OKAPIA KG.

Dürre im Süden

Obwohl Forscher insgesamt mehr Niederschläge erwarten, werden ganze Regionen an Wassermangel und unter Dürre leiden. Riesige Flüsse wie Nil, Mekong und Mississippi sollen in den kommenden 300 Jahren immer weniger Wasser führen. Der Nordosten Chinas, die Savannengebiete Afrikas, die Südstaaten der USA sowie der Mittelmeerraum müssen mit bis zu 40 Prozent weniger Wasser auskommen. Schon heute geht der Pegel einiger afrikanischer Flüsse zurück, die ausgedörrten Flächen haben sich seit den 1970er Jahren mehr als verdoppelt.

FOTO: AP/ JOHN MCCONNICO

Eis-Schmelze

Der Klimawandel wird von Forschern hauptsächlich dafür verantwortlich gemacht, daß die Gletscher zum Beispiel in der Antarktis immer schneller abschmelzen. Aktuelle Studien zeigen anhand von Luft- und Satellitenaufnahmen, daß in den vergangenen fünf Jahrzehnten 87 Prozent von 244 Gletschern in teils beträchtlichem Ausmaß schrumpften: durchschnittlich um 50 Meter pro Jahr. Neben der Erwärmung sorgt Schneemangel in den Alpen dafür, daß dort die Gletscher verschwinden. Und auch im Himalaya ziehen sich die Eismassen um zehn bis 15 Meter pro Jahr zurück: Das führt zunächst zum Anstieg der Flüsse und zu Überflutungen, aber anschließend zu Wasserknappheit für Hunderte Millionen Menschen in Asien.

FOTO: REUTERS/JEAN-PAUL PELISSIER

Sintflut

Das Hochwasser in Südfrankreich Anfang September erinnerte an die August-Bilder aus der Schweiz, Österreich und Süddeutschland: Teilweise fielen binnen 24 Stunden zwischen 100 und 150 Liter Regen pro Quadratmeter, auch über 230 Liter wurden dort werden Überschwemmungen zunehmen. Durch den Klimawandel wird Deutschland offenbar zweigeteilt: maritim-gemäßigtes Wetter ist im Westen zu erwarten und kontinental-gemäßigtes im Osten. In den Sommermonaten werden sich lange Trockenperioden mit sintflutartigem Regen abwechseln, spätestens dann rächen sich Versäumnisse im Hochwasserschutz.