

PM.



SPEED PUR
Rekordjäger –
ihr Leben am Limit



WELT DES WISSENS www.pm-magazin.de

JULI 2007 Deutschland 3,00 €



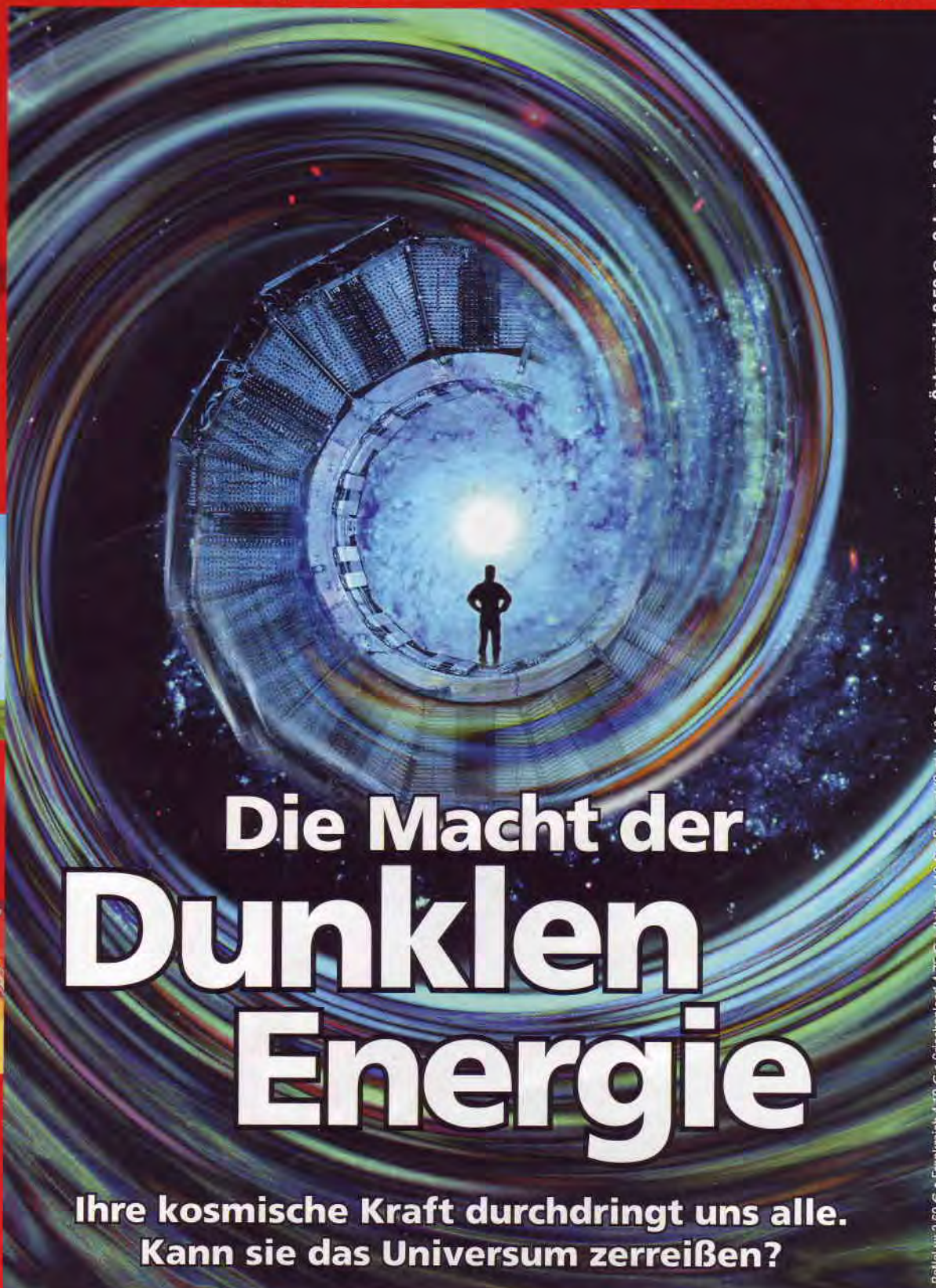
MAYA-RÄTSEL
Warum ihre Kultur
zerbrach – und was
wir daraus lernen



DIE EICHE SPRICHT!
Alles bewegt sich, sie
bleibt stehen: Was
hat sie uns zu sagen?



14 SEITEN SPEZIAL
Die Zukunft der Erde:
So überleben wir den
Klimawandel!



Die Macht der Dunklen Energie

Ihre kosmische Kraft durchdringt uns alle.
Kann sie das Universum zerreißen?

... UND WENN WI EINFACH A

Die Menschheit ist dem Klimawandel nicht hilflos ausgeliefert. Auf die Folgen von Gletscherschmelze, Hitzewellen und Trinkwasserknappheit können wir uns einstellen – wenn wir keine Zeit verlieren.
Von Niels Boeing



Klima-Chronologie

VOR CA. 65 MILLIONEN JAHREN
Zum Zeitpunkt des Aussterbens der Dinosaurier lag die globale Durchschnittstemperatur bei etwa 22 °C. Diesen Wert hatte die Erdatmosphäre in allen warmen Zeitaltern der vergangenen 570 Millionen Jahre.

VOR CA. 1,7 MILLIONEN JAHREN
Beginn des Eiszeitalters, das von Vereisungsperioden und

Zwischenwarmzeiten geprägt war. In den Kaltzeiten schob sich der Eispanzer der Nordhalbkugel unter anderem bis nach Mitteleuropa vor.

VOR CA. 650 000 JAHREN
Die Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre lag bei etwa 380 ppm (Teilen pro Million Luftmoleküle) und sank danach kontinuierlich. Dieser Wert wurde erst wie-

der am Ende des 20. Jahrhunderts erreicht.

VOR CA. 115 000 JAHREN
Das Ende der so genannten Eem-Warmzeit, während der die globale Durchschnittstemperatur 2 Grad über derjenigen der gegenwärtigen Warmzeit lag. Danach begann die bislang letzte Kaltzeit, die »Weichsel-Eiszeit«, die umgangssprachlich »die Eiszeit« genannt wird.

VOR CA. 20 000 JAHREN
Die Weichsel-Eiszeit erreichte ihren Höhepunkt: Der Meeresspiegel lag um 130 Meter niedriger als heute.

CA. 8000 V. CHR.
Ende der letzten Kaltzeit des Eiszeitalters. Es markiert den Beginn des Holozäns, des jüngsten Erdzeitalters, das bis heute andauert. Die globale Durchschnittstemperatur lag damals bei 13 °C – etwa zwei Grad



R UNS NPASSEN?



CORBIS

unter dem Durchschnittswert der letzten hundert Jahre.

CA. 500 V. CHR. – 400 V. CHR.

Das »Römische Optimum«. In dieser warmen Periode waren wichtige Alpenpässe im Winter passierbar, was etwa Hannibal im Zweiten Punischen Krieg seinen berühmten Heereszug über die Alpen ermöglichte.

CA. 1000 – 1300

Das »Mittelalterliche Klima-

optimum«. In dieser Periode lag die globale Durchschnittstemperatur mancherorts um 1 bis 1,5 Grad höher als im 20. Jahrhundert. In England etwa war damals Weinbau möglich.

CA. 1600 – 1800

Die Kleine Eiszeit. Die Durchschnittstemperatur lag in dieser Zeit auf der Nordhalbkugel um 1 Grad unter dem Durchschnitt des 20. Jahrhunderts.

CA. 1750

Der Kohlendioxid der Atmosphäre lag damals bei 280 ppm (Teilen pro Million Luftmoleküle) und gilt als vorindustrieller Referenzwert. Seitdem ist die Kohlendioxid-Konzentration vor allem aufgrund der Emissionen des damals beginnenden Industriezeitalters kontinuierlich gestiegen.

1822

Der französische Mathematiker

Jean Baptiste Joseph Fourier beschreibt als erster den »Glashauseffekt« (heute als Treibhauseffekt bekannt) von atmosphärischen Gasen. Er stellt fest, dass diese die von der Erde ins Weltall abgegebene Infrarotstrahlung absorbieren und die Atmosphäre dadurch erwärmen.

1896

Dass durch die Verbrennung von Kohle, Öl und Gas große

Die Szenarien sind bekannt: Vom Hochwasser überflutete Städte, anhaltende Dürreperioden, schwindende Trinkwasserreserven. Zugleich wird uns immer mehr bewusst: Sollten die Klimaveränderungen wirklich mit der von Forschern prognostizierten Wucht eintreten, sind wir nicht vorbereitet.

Lange haben die Klimaforscher nur eine Botschaft verbreitet: Wir müssen den Ausstoß von Treibhausgasen wie Kohlendioxid oder Methan drastisch vermindern, wenn wir die globale Erwärmung in den Griff bekommen wollen. 2005 trat das Kyoto-Protokoll in Kraft und mit ihm verschiedene internationale Klimaschutzprogramme (siehe Kasten unten). Eine andere wichtige Frage blieb jedoch in den vergangenen Jahren unbeantwortet: Wie können wir mit den Klimaveränderungen leben – wie es die Menschheit in ihrer Geschichte schon mehrmals tun musste?

Dieses Versäumnis rächt sich nun: »Es gibt so gut wie keine ernsthafte Forschung zur Anpassung an den Klimawandel«, moniert der Klimaforscher Hans von Storch vom Forschungszentrum GKSS in Geesthacht.

SELBST WENN die schlimmsten Szenarien der Klimaforscher tatsächlich eintreten: Die Menschheit ist dem Klimawandel nicht hilflos ausgeliefert. Zum einen hat es in den vergangenen Jahrtausenden immer wieder Veränderungen gegeben, an die sich Kulturen auf wesentlich bescheidenerem technischen Niveau angepasst haben. Die Kölner Archäologen Rudolph Kuper und Stefan Kröpelin haben nach Auswertung neuerer Funde in Nordafrika unlängst sogar die These aufgestellt, dass sich Landwirtschaft und Städtebau überhaupt erst infolge eines massiven Klimawandels entwickelt haben: Als vor 7500 Jahren die Sahara austrocknete, seien die dort lebenden Nomaden immer weiter nach Osten bis zum Niltal gewandert. Der beschränkte Lebensraum habe eine organisierte und arbeitsteilige Lebensweise notwendig gemacht, die dann den Grundstein für die Hochkultur des Alten Ägyptens legte.

Zum anderen gibt es durchaus Ansatzpunkte, um den Folgen des gegenwärtigen Klimawandels zu begegnen. Die drei wichtigsten Herausforderungen sind: Hochwasser, verursacht durch einen ansteigenden Meeresspiegel und häufiger über die

Ufer tretende Flüsse; eine Landwirtschaft, die ihre Kulturpflanzen an neue Klimaverhältnisse anpassen muss; sowie schwindende Trinkwasserreserven.

RUND ZWEI DRITTEL der Menschheit leben an Küsten und großen Flussläufen. Hochwasser gilt deshalb in Zukunft als existenzielle Bedrohung. »All das, was wir zu erwarten haben, konnte man bereits in New Orleans sehen«, sagt Hans-Jochen Luhmann vom Wuppertal Institut. Dort brachen nach den Regenfällen des Hurri-

»Es gibt so gut wie keine ernsthafte Forschung zur Anpassung an den Klimawandel«

kans Katrina die Deiche: Ein großer Teil des Stadtgebiets wurde überschwemmt und war für Monate unbewohnbar. Zuvor hatte man in der Region jahrelang am Katastrophenschutz gespart.

An der Nordseeküste ist die Anpassung dagegen längst im Gange. Noch in den 1970er Jahren galt eine Deichhöhe von 7,50 Metern als ausreichend. Inzwischen sind die Deiche an der norddeutschen Küste fast vollständig auf zehn Meter aufgestockt worden, denn in den vergangenen vierzig Jahren ist der tägliche Flut-Höchststand bereits um 17 Zentimeter gestiegen.

DEICHE ALLEIN genügen allerdings nicht. »In 50 bis 80 Jahren kommen die Küstengebiete nicht mehr umhin, sich mit weiteren Maßnahmen zu wappnen«, warnt Michael Schirmer, Umweltforscher an der Universität Bremen. Dazu gehören eine zweite Deichlinie im Hinterland oder riesige Flutwehre an breiten Flussdeltas wie dem von Rhein, Maas und Schelde. Sie sind Teil des so genannten Delta-Plans zum Hochwasserschutz der Niederlande, in den bereits 13 Milliarden Euro investiert worden sind. Denn kaum ein Land ist so verwundbar wie der kleine Nordseestaat: 60 Prozent der Landesfläche liegen unter dem Meeresspiegel.

Weil Hochwasser aber auch über den Rhein ins Landesinnere gedrückt werden

Klimaschutz absurd

Das Kyoto-Protokoll sieht drei Instrumente vor, die das Klimaproblem marktwirtschaftlich lösen sollen: den Handel mit so genannten CO₂-Emissionsrechten sowie den »Joint Implementation«-Mechanismus (JI) und den »Clean Development Mechanism« (CDM). Der Handel mit Emissionsrechten funktioniert so: Unternehmen müssen für jede Tonne CO₂ ein Zertifikat nachweisen, das zur Emission berechtigt. Wollen sie mehr ausstoßen, müssen sie von anderen Firmen Zertifikate hinzukaufen. Wer auf emissionsärmere Technologien setzt, kann einen Teil seiner Emissionsrechte verkaufen. Wer mehr rausblasen will, muss draufzahlen. Dumm nur: Der Preis für eine Tonne CO₂ ist seit Beginn von etwa

30 Euro pro Tonne auf 1 Euro pro Tonne gefallen! Damit ist der Anreiz, CO₂ zu sparen, verschwindend gering geworden. Der Emissionshandel ist damit vorerst gescheitert. Vollends absurde Folgen hat inzwischen der Clean Development Mechanism (CDM) hervorgebracht. Ein Unternehmen der Dritten Welt, das ein emissionsärmeres Verfahren in seiner Produktion einführt, kann für die eingesparten CO₂-Tonnen so genannte Credits an Konzerne in den Industrieländern verkaufen, die die entsprechende CO₂-Menge dann zusätzlich emittieren dürfen. Was dabei herauskommt, zeigt der Fall der indischen Firma SRF, die ein Kühlmittel für Kühlschränke herstellt. Als Abfallprodukt entsteht auch

das Gas HFC-23, ein besonders übles Treibhausgas – es wirkt 11 700-mal so stark wie Kohlendioxid. Nun hat SRF in eine Anlage investiert, die HFC-23 unschädlich macht. Weil alle eingesparten Treibhausgase immer in CO₂-Äquivalente umgerechnet werden, kann SRF jetzt jede Tonne vermiedenes HFC-23 in 11 700 Tonnen CO₂ umrechnen und entsprechend viele Credits an westliche Konzerne verkaufen. Für eine Tonne eingespartes HFC-23 können die Käufer der Credits 11 700 Tonnen CO₂ verpuffen lassen – Tonnen, die weder sie noch SRF sonst produziert hätten. Anstatt die Emissionen zu reduzieren, wird durch das Umrechnungsschema der Ausstoß in diesem Fall sogar gefördert.

kann, etwa bei extremer Schneeschmelze in den Alpen, denkt man in den Niederlanden schon über den reinen Küstenschutz hinaus. Zum einen sollen Flächen ausgewiesen werden, die als Polder einen Teil des Hochwassers aufnehmen können. Zum anderen gibt es erste Ansätze für eine schwimmende Architektur. Das Architektur-Büro Waterstudio hat beispielsweise schwimmfähige, mit Kunststoffschäum gefüllte Betonfun-

damente entwickelt: »Damit könnten wir ganze schwimmende Städte bauen«, sagt Waterstudio-Gründer Koen Olthuis. Studenten der Technischen Universität Delft haben kürzlich »Ecoboat«, ein Konzept für eine schwimmende Siedlung auf dem IJmeer, vorgestellt, die bis zu 10 000 Einwohner beherbergen soll.

Menschen brauchen allerdings nicht nur ein Dach über dem Kopf, sondern auch

Nahrung. Ob und wie die Landwirtschaft mit dem Klimawandel Schritt halten kann, ist derzeit noch offen. Versuche der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft haben ergeben, dass ein deutlich erhöhter Kohlendioxid-Gehalt in der Atmosphäre zumindest in Mitteleuropa den Ertrag von Wintergerste, Winterweizen und Zuckerrüben um 15 Prozent steigern könnte, vorausgesetzt, die Pflanzen bekommen ausreichend Wasser. Sollte mediterranes Klima zwischen Rhein und Elbe Einzug halten, wäre es dort zudem möglich, verstärkt Hartweizen anzubauen. »Der reift schneller und bringt höhere Erlöse auf dem Getreidemarkt«, sagt Frank Wechsung, Agrarwissenschaftler am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung.

GLOBAL GESEHEN ist die Züchtung neuer Sorten von Reis besonders wichtig, dem Hauptnahrungsmittel für etwa 3,5 Milliarden Menschen. 2004 veröffentlichten Forscher am Internationalen Reisforschungsinstitut (IRRI) auf den Philippinen nämlich eine alarmierende Entdeckung: Mit jedem Grad Celsius Anstieg der Tagestiefsttemperatur nimmt in den Reisanbaugebieten der Ertrag um etwa zehn Prozent ab – vermutlich aufgrund von Hitzestress. Anders, als lange Zeit angenommen, profitieren herkömmliche Reispflanzen offenbar nicht von einer CO₂-Zunahme in der Atmosphäre. Der IRRI-Forscher John Sheehy will deshalb einen »Formel-1-Reis« für eine wärmere Welt entwickeln, wie er es nennt. In 6000 Wildreissorten sucht er derzeit nach einem Gen, das in der Lage ist, die Effizienz der Fotosynthese bei Reis deutlich zu steigern. Gelingt ihm das, könnte die neue Reis-

Klimabilanz des Alltags

Treibhausgas-Emissionen, die bei der Herstellung ausgewählter Produkte anfallen (in CO₂-Äquivalenten*)



1 kg Rindfleisch	13 303 g
1 kg Rindfleisch (ökologische Landwirtschaft)	11 371 g
1 kg Tiefkühlrindfleisch	14 331 g
1 kg frisches Gemüse	150 g
1 kg Gemüse-Konserven	509 g
1 kg Tiefkühlgemüse	412 g
1 kg Kartoffel-Püree	3768 g
1 kg Tiefkühl-Pommes-frites	5714 g
1 kg Teigwaren	914 g
1 kg Butter	23 781 g
1 kg Joghurt	1228 g
1 kg Käse	8502 g
1 kg Milch	938 g
1 kg Eier	1928 g
1 kg Baumwolle	32 000 g

In diese Klimabilanz geht der gesamte Herstellungsprozess ein – vom Anbau der Rohstoffe über ihren Transport bis hin zur Verarbeitung.
Quelle: Gemis 4.4/ Öko-Institut

*) Die Zahlen berücksichtigen neben Kohlendioxid auch andere Treibhausgase wie etwa Methan. Um eine gemeinsame Maßeinheit für alle klimawirksamen Gase zu finden, rechnet man die Mengen der anderen Treibhausgase in CO₂-Äquivalente um: Für jede Gassorte ermittelt man die Menge Kohlendioxid, die eine vergleichbare Wirkung auf die Atmosphäre hätte wie das jeweilige Gas. Die Summe der CO₂-Äquivalente gibt dann also an, wie viel Kohlendioxid insgesamt bei der Herstellung eines Produkts freigesetzt wird, wenn man alle Treibhausgas-Emissionen in entsprechende CO₂-Mengen umrechnet und addiert.

Mengen von Kohlendioxid in die Atmosphäre gelangen und den »wärmenden Glashauseffekt« verstärken, schlussfolgert erstmals der schwedische Chemiker Svante Arrhenius. Ihm gelingt auch, den Effekt zu berechnen. Er sagt daraufhin eine beispiellose Erwärmung der Atmosphäre voraus.

1958

Die meteorologische Station auf dem hawaiianischen Vul-

kan Mauna Loa beginnt mit einer permanenten Aufzeichnung des Kohlendioxid-Gehalts in der Atmosphäre.

1979

Die erste Weltklimakonferenz in Genf gilt als Geburtsstunde der neueren Klimaforschung. Die Regierungen der Welt werden aufgefordert, »potenzielle von Menschen verursachte Änderungen im Klima, die sich nachteilig auf das Wohl der

Menschheit auswirken könnten«, zu verhindern. Mit gewaltigem Aufwand sind seither weltweite Forschungsprogramme und -netzwerke entstanden, die in Form und Ausmaß als historisch einmalig betrachtet werden können.

1990

Der Weltklimarat IPCC veröffentlicht seinen ersten Klimabericht und beziffert erstmals einen möglichen Anstieg der

globalen Durchschnittstemperatur im 21. Jahrhundert auf 0,3 Grad pro Jahrzehnt.

1992

Bei der Weltumweltkonferenz in Rio de Janeiro einigen sich die Staaten auf die so genannte Klimarahmenkonvention: Internationaler Klimaschutz wird dadurch als eigenständiges Politikfeld im Rahmen der Vereinten Nationen verankert. Doch es werden vorerst nur

Jeder kann sparen!



DAS HEIZEN ERZEUGT 116 MIO. TONNEN CO₂ Diese von Deutschen emittierte Menge ließe sich um **76 Prozent** vermindern durch: eine effektivere Wärmeisolierung aller Gebäude (l.), Versehen aller Heizkörper mit Thermostaten (M.), Absenken der Raumwärme um ein Grad Celsius (r.)



DER HAUSHALTSSTROM ERZEUGT 87 MIO. TONNEN CO₂ Dieser deutschlandweite Ausstoß könnte um **24 Prozent** vermindert werden durch: kein Standby! – Geräte ausschalten (l.), Anschaffen moderner, energieeffizienter Haushaltsgeräte (M.), Installieren stromsparender Heizungspumpen (r.)



INDIVIDUAL-VERKEHR ERZEUGT 86 MIO. TONNEN CO₂ Diese Zahl reduziert sich um beeindruckende **95 Prozent**, wenn: die Deutschen zwei Drittel ihrer Fahrten mit der Bahn und den Rest mit 2,5-Liter-Autos erledigten (l.), Autofahrer niedertourig fahren (M.), Tempo 100 auf allen Straßen gälte (r.)

MICA LITRIC / TOBIAS SCHLOSSER / UMWELTBUNDESAMT / STATISTISCHES BUNDESAMT

pflanze mehr CO₂ umsetzen und für den Aufbau von Körnern nutzen.

Die dritte große Herausforderung ist die künftige Versorgung mit Trinkwasser. Denn auch wenn gut zwei Drittel der Erde von Wasser bedeckt sind: Nur drei Prozent davon sind Süßwasser. Wachsende Städte, Grundwasserverseuchung und eine immer durstigere Landwirtschaft lassen die Reserven schon seit Längerem schwinden. Verschärfend kommt nun noch hinzu, dass der Trinkwasservorrat, der im Eis von Hochgebirgen gespeichert ist und über die alljährliche Schneeschmelze Hunderte Millionen Menschen weltweit versorgt, nach Prognosen der Klimaforschung ebenfalls zurückgeht.

Eine effizientere Verwendung und Wiederaufbereitung vorhandenen Trinkwassers allein wird da nicht genügen. Deshalb könnte die Meerwasserentsalzung künftig an Bedeutung gewinnen. Eine Entsalzungsfabrik wie die im spanischen Carboneras – die größte Europas – produziert heute immerhin ein Drittel des täglichen Trinkwasserbedarfs, wie ihn etwa die Millionenstadt Hamburg hat: rund 120 000 Kubikmeter. Und in Australien existieren Pläne für eine noch leistungsfähigere Anlage für den Großraum Sydney: Sie soll 500 000 Kubikmeter am Tag umwandeln.

MEERWASSERENTSALZUNG hat allerdings einen Nachteil: Sie ist extrem energieintensiv, weshalb sie bislang eher als Luxustechnologie für reiche arabische Ölstaaten galt. Pro Kubikmeter Trinkwasser

sind bis zu neun Kilowattstunden Energie nötig. Das entspricht ungefähr der Energiemenge, die sich aus einem Liter Erdöl gewinnen lässt.

Neben Hochwasser, einer veränderten Landwirtschaft und Trinkwasserverknappung drohen weitere Probleme. Unklar ist zum Beispiel, was sich gegen die Aufheizung der rund 400 Millionenstädte der Erde unternehmen lässt, die eine zunehmende Luftverschmutzung sowie steigende Zahlen von Herz- und Kreislauferkrankungen nach sich zieht. All diese Heraus-

Trinkwasser aus dem Meer: Die größte europäische Entsalzungsfabrik produziert pro Tag 120 Millionen Liter

forderungen werden sich global auf die Weltwirtschaft auswirken. Solange man Anpassung aber nur als lokales Problem einzelner Länder und Ballungsräume betrachte, werde der notwendige Fortschritt behindert, kritisiert der amerikanische Klimaforscher Roger Pielke Jr. Tatsächlich verlange auch die Anpassung an den Klimawandel eine kontinentübergreifende Herangehensweise wie beim vorbeugenden Klimaschutz. Pielke und einige seiner Kollegen schlagen daher eine internationale Kommission nach Vorbild des Klimarats IPCC vor, die das Problem koordiniert anpackt. »Andernfalls werden sich die Folgen des Wandels gegenseitig immer weiter verstärken, trotz effizientester Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgase.« ◀◀

unverbindliche Absichtserklärungen abgegeben.

1997

Nach zähem Ringen verabschieden 167 Mitgliedsländer der Klimakonvention das Kyoto-Protokoll. Um in Kraft zu treten, muss es von mindestens 55 Staaten, die für 55 Prozent der CO₂-Emissionen der Industrieländer verantwortlich sind, ratifiziert werden. Die Industriestaaten verpflichten sich, ihre

Treibhausgas-Emissionen bis 2012 um durchschnittlich 5,2 Prozent gegenüber dem Stand von 1990 zu reduzieren.

2002

In Yokohama geht der »Earth Simulator«, der leistungsstärkste Supercomputer der Welt, in Betrieb. Mit seiner Hilfe soll das gesamte Klimasystem der Erde – Atmosphäre, Ozeane, Biosphäre und Stratosphäre – simuliert werden. Der

Gesamtspeicher des Systems umfasst 10 Terabyte.

2005

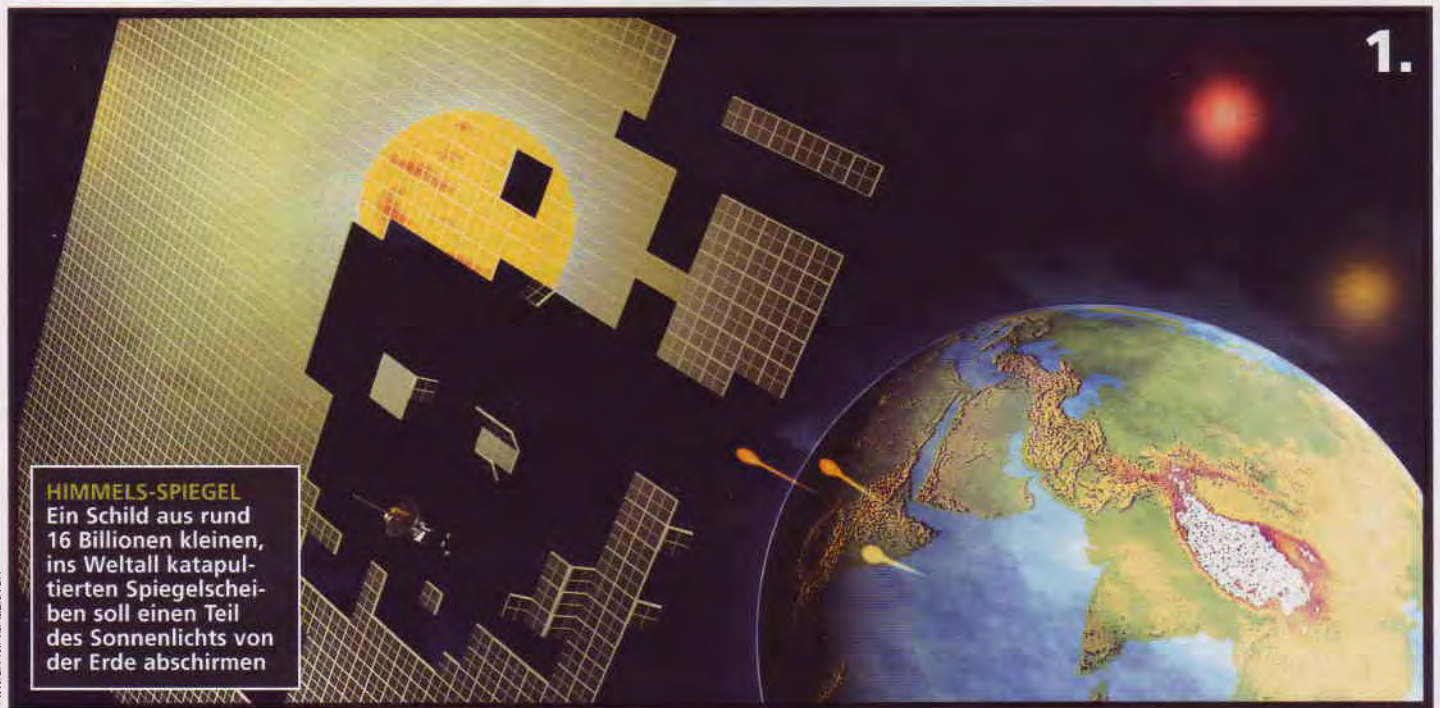
Das Kyoto-Protokoll tritt in Kraft, nachdem Russland es ratifiziert hat. Von den Industrieländern beabsichtigen lediglich die USA und Australien, nicht zu ratifizieren. Das Jahr 2005 gilt als das wärmste seit 1880. Der Kohlendioxid-Gehalt der Atmosphäre ist auf 379 ppm gestiegen.

2007

Der IPCC legt seinen vierten Klimabericht vor. Im ersten Teil wird festgestellt, dass der derzeit zu beobachtende Klimawandel »sehr wahrscheinlich« vom Menschen verursacht ist – die bislang stärkste Formulierung. 1996 hatte der IPCC noch geschrieben, es sei nur ein »spürbarer Einfluss« menschlicher Emissionen auf das Klima festzustellen.

Cooler Technik für kühles Klima

ANGESICHTS STEIGENDER TEMPERATUREN ÜBERLEGEN ATMOSPHÄRENFORSCHER, WIE SICH AN DEN SCHRAUBEN DES ERDKLIMAS DREHEN LÄSST VON HUBERTUS BREUER



HIMMELS-SPIEGEL
Ein Schild aus rund 16 Billionen kleinen, ins Weltall katapultierten Spiegelscheiben soll einen Teil des Sonnenlichts von der Erde abschirmen

Außergewöhnliche Probleme verlangen außergewöhnliche Lösungen – angesichts des drohenden Klimawandels scheinen immer mehr Naturwissenschaftler und Ingenieure so zu denken. Um die Erderwärmung zu stoppen, wollen sie das Weltklima kurzerhand umbauen. An Ideen mangelt es den Klima-Klempnern dabei nicht: Sie denken etwa darüber nach, in tropischen Breitengraden Unmengen von Golfbällen ins Meer zu kippen, die einen Teil des ankommenden Sonnenlichts ins All zurückwerfen. Wüstengebieten wie die Sahara wollen sie quadratkilometerweise mit weißer, reflektierender Plastikfolie bedecken. Und falls alles andere nichts fruchtet, erwägen sie sogar, einen Teil des künftig zunehmenden Meerwassers in die Trockengebiete der Welt zu pumpen. »Geoengineering« nennt sich dieses an Science-fiction grenzende Metier.

Was nach irrwitzigem Machbarkeitswahn klingt, nehmen viele Klimaexperten inzwischen aber durchaus ernst. Die Visionen, am komplexen Räderwerk der Atmosphäre zu drehen, werden auf Tagungen und in Fachzeitschriften kontrovers disku-

tiert. Auch die US-Regierung hat im September 2006 gefordert, verstärkt auf technische Lösungen zu setzen, um das fragile Klima vor Überhitzung zu bewahren. P.M. präsentiert einen Überblick über die interessantesten Gedankenspiele.

1. Spiegel-Schwärme im All reflektieren Sonnenlicht

Im Orbit einen riesigen Sonnenschirm aus Spiegeln aufzubauen, die das Sonnenlicht zurückwerfen: Dieses Konzept geht auf Roger Angel von der University of Arizona zurück. Der US-Astronom hat im September 2006 in der Fachzeitschrift PNAS (»Proceedings of the National Academy of Sciences«) vorgeschlagen, eine 100 000 Kilometer lange Wolke aus reflektierenden Plastikscheiben in 1,5 Millionen Kilometer Entfernung zwischen Sonne und Erde zu platzieren. Dort liegt der so genannte »Lagrange-Punkt«, an dem sich die Anziehungskräfte der beiden Himmelskörper gerade die Waage halten. Hier würde sich der

Spiegelschwarm mit der Erde einmal pro Jahr um die Sonne drehen.

Jede der Plastikscheiben hätte 60 Zentimeter Durchmesser, wöge nur gut ein Gramm, wäre einen zehntel Millimeter dünn und mit Siliziumnitrid beschichtet. Gestartet werden soll der kosmische Flitter von 20 Abschussrampen auf der Erde, welche die Scheiben mithilfe riesiger Magnetspulen auf 12,8 Kilometer pro Sekunde beschleunigen. Um die Wolke aus 16 Billionen Spiegeln zu installieren, müsste man zehn Jahre lang alle fünf Minuten ein neues Paket Scheiben ins All schießen.

Die glitzernde Wolke würde, so Angel, 1,8 Prozent des Sonnenlichts im All abschirmen – genug, um eine drohende Verdopplung des CO₂-Gehalts in der Atmosphäre zu verhindern. Die veranschlagten Kosten bewegen sich in schwindelerregenden Höhen: Bis zu fünf Billionen Dollar würde das Spiegelsystem verschlingen, allerdings auf 50 Jahre gestreckt. Zudem hat der Schirm noch einen gravierenden Haken: Einmal in den Orbit geschossen, lässt sich das kosmische Konfetti nicht einfach wieder aufkehren.

2. Künstliche Vulkan- ausbrüche: Schwefelwolken als Sonnenschirm

Der Feuerberg Pinatubo auf den Philippinen zündete bei dem Chemie-Nobelpreisträger Paul Crutzen eine abenteuerliche Idee. Es begann damit, dass der Vulkan 1991 ausbrach; er spuckte dabei zehn Millionen Tonnen feiner Schwefelteilchen in die Stratosphäre, die oberste Schicht unserer Atmosphäre. Diese Wolke schirmte so viel Sonnenlicht ab, dass sich das Weltklima im folgenden Jahr um ein halbes Grad Celsius abkühlte. Für Crutzen, den emeritierten Direktor des Max-Planck-Instituts für Chemie in Mainz, war der Ausbruch ein Großexperiment im Weltlabor – mit ermutigendem Ausgang. Die vom Treibhausklima geplagte Menschheit, so meinte er, müsse sich jetzt überlegen, selbst ein wenig Vulkan zu spielen. Sein Vorschlag: tonnenweise Schwefel in die oberen Stockwerke der Atmosphäre zu verfrachten – und so quasi einen globalen Sonnenschirm aufzubauen.

Schon 1974 hatte der sowjetische Klimaforscher Michail Budyko darüber nachgedacht, schweflige Aschewolken künstlich zu erzeugen. In den 1980er Jahren konkretisierten Amerikaner dieses Konzept: Flugzeuge sollten in hohen Lagen der Atmosphäre Schwefeldioxid versprühen. Doch ins öffentliche Bewusstsein rückte diese Idee erst mit den immer deutlicheren Folgen des Treibhausklimas – und den Überlegungen Crutzens.

IM FACHMAGAZIN »Climate Change« plädierte der Nobelpreisträger im August 2006 dafür, diese Möglichkeit künstlicher Luftverschmutzung genauer zu erforschen. Ist das Schwefeldioxid erst einmal mithilfe von Ballons oder Kanonen in die Stratosphäre in 25 bis 30 Kilometern gepustet, erklärte er, geschehe Folgendes: Das Gas oxidiert, es entsteht Schwefelsäure, und die kondensiert zu kleinen Sulfatpartikeln. Diese wiederum streuen das Sonnenlicht in den Weltraum zurück, was eine abkühlende Wirkung auf das Klima hat. Die Stratosphäre peilt der Chemiker für seine Injektionen deshalb an, weil dort die Schwebeartikel länger verweilen als in niedrigeren

Luftschichten – man erzielt also mit weniger Teilchen einen größeren Effekt. Fünf Millionen Tonnen Schwefel pro Jahr, rechnet Crutzen vor, sollten ausreichen, um die erwartete Verdopplung des CO₂-Ausstoßes auszugleichen. Kostenpunkt: 25 bis 50 Milliarden Dollar jährlich. Die würden durch die ausbleibenden Klimaschäden jedoch wieder kompensiert.

Bislang ist allerdings unklar, welche Folgen die Partikelfracht auf die Ozonschicht hätte. In welchem Maße nimmt der saure Regen zu? Wie wirken sich die Schwefelpartikel auf die menschliche Gesundheit, vor allem die Atemwege, aus? Solange noch viele Fragen offen sind, müsse die Senkung der Kohlendioxid-Emissionen auch weiterhin Priorität haben, betont Crutzen. Doch es sei angesichts der verschärften Klimalage zu gefährlich, seinen »Plan B« nicht in Betracht zu ziehen. Der in Sachen Geoengineering ebenfalls umtriebige Lowell Wood vom Lawrence Livermore National Laboratory in Kalifornien attestiert der Schwefeltherapie zudem: »Unter all den Vorschlägen, die ich kenne, erscheint sie mir die ökonomischste Lösung, die zudem rasch umgesetzt werden könnte.«



SCHWEFELWOLKEN
Von Flugzeugen in der Erdatmosphäre verteilt, könnten Sulfat-Partikel Sonnenstrahlung ins All zurückstreuen und so für Kühlung am Boden sorgen

PATRICK MACALLISTER

3.



ZUFLUCHT MARS
Mithilfe eines künstlich erzeugten Treibhauseffekts wollen Terraformer auf dem Mars eine menschenfreundliche Atmosphäre schaffen

PATRICK MACALISTER

3. Den Mars durch »Terraforming« bewohnbar machen

Im Denken einiger Klimaingenieure spielt die Erde schon gar keine Rolle mehr: Anstatt sich mit der Rettung unseres Planeten zu befassen, entwickeln sie visionäre Szenarien, wie sich andere Planeten in erdähnliche und damit bewohnbare Welten verwandeln lassen. Ein Forschungszweig, der im Fachjargon »Terraforming« heißt. Lieblingsobjekt der Terraformer ist der Mars: Auf ihm wollen sie eine für Menschen verträgliche Atmosphäre schaffen – und der Auslöser dafür soll ein künstlich erzeugter Treibhauseffekt sein. In seinen jungen Jahren, so nimmt man an, hüllte den Mars eine dichte Atmosphäre ein, die hauptsächlich aus Kohlendioxid bestand. Später verabschiedete sie sich in die Weiten des Alls – heute ist der Planet

von einem dünnen Luftmantel umhüllt, dessen Druck nicht einmal ein Hundertstel der irdischen Atmosphäre beträgt. Doch nach wie vor befindet sich wahrscheinlich viel Kohlendioxid auf dem Mars, an den Polkappen und im Karbonatgestein des Bodens. Das ließe sich freisetzen – wenn es nur warm genug wäre.

Der Ökoviisionär James Lovelock schlug deshalb folgende Lösung vor: Fabriken auf dem Mars sollen aggressive Treibhausgase in die Luft pusten – etwa Fluorchlorkohlenwasserstoffe, die tausendfach wirkungsvoller als CO_2 sind. Vermutete Folge: Es wird wärmer, das bislang gebundene Kohlendioxid wird freigesetzt und die Atmo-

Widerstandsfähige Pflanzen könnten auf dem Mars Sauerstoff produzieren

sphäre dadurch dichter. Damit käme ein Rückkopplungseffekt in Gang: Wärme und höherer Luftdruck würden noch mehr CO_2 in Umlauf bringen – so wäre in punkto Atmosphäre immerhin ein Anfang gemacht. Doch noch fehlte der für Menschen wichtige Sauerstoff: Den könnten widerstandsfähige Pflanzen produzieren, schlagen Terraformer vor. Und dann – vielleicht in einigen tausend Jahren – würden Menschen ihre Schutzhelme abnehmen, um erstmals kräftig durchzuatmen.

OB DAS KLAPPT, ist fraglich. Womöglich kann der Mars wegen seiner geringen Schwerkraft – er besitzt nur ein Zehntel der Erdmasse – eine neu geschaffene Atmosphäre wieder nicht festhalten. Und da dem Mars ein abschirmendes Magnetfeld fehlt, wie es der Erdkern erzeugt, wären Marsianer ständig gefährlicher Strahlung aus dem All ausgesetzt. Einen erdähnlichen Mars als Fluchtburg sollten wir also vorerst nicht in unsere Kalkulationen einbeziehen.

4. Künstliche Wasserwolken sorgen für Schatten

Die trickreiche Idee des Wellenforschers und Maschinenbauers Stephen Salter von der University of Edinburgh: Er will aus künstlich erzeugter Gischt über dem Meer Wolken erzeugen, die das Sonnenlicht zurückwerfen. Dazu bräuhete man eine mit Wind- oder Wellenenergie angetriebene und von Satelliten gesteuerte unbemannte Flotte von Spezialbooten: riesige Katamarane oder Trimarane, auf denen knapp über der Wasseroberfläche schornsteinähnliche Röhren montiert sind. Einmal in Fahrt, wirbeln Rotoren unter den Schornsteinen das Meerwasser auf; die erzeugte Gischt steigt durch die Kamine nach oben in die Atmosphäre und verdunstet teilweise; an den übrigbleibenden Salzpartikeln des Was-

sers schlägt sich Feuchtigkeit nieder und bildet Wolken, die das Sonnenlicht reflektieren. Nach Salters jüngsten Berechnungen reicht eine Flotte von 500 Booten aus, um den globalen Kohlendioxid-Zuwachs eines Jahres zu kompensieren.

Sein Konzept klingt umweltschonend und soll auch noch sehr preiswert sein. Nach Forschungs- und Entwicklungskosten von rund 80 Millionen Euro werde ein Boot nur 1,5 Millionen kosten. Ob der Plan tatsächlich funktioniert, ist völlig offen – Pilotanlagen müssen erst gebaut werden.

500 Spezialboote reichen aus, um den globalen Zuwachs an CO₂ eines Jahres zu kompensieren

Von all den kleineren und größeren Problemen des Geoengineering einmal abgesehen, stehen einige Atmosphärenforscher diesen Visionen der Klimaingenieure grundsätzlich skeptisch gegenüber. Die größte Gefahr besteht nach ihrer Ansicht darin, die Ursachen der Erderwärmung aus dem Blick zu verlieren und Politik und Industrie einen Freibrief auszustellen. »Würden solche Vorschläge Realität, würden Politiker zweifellos weniger darauf drängen, den Kohlendioxid-Ausstoß zu verringern«, kritisiert etwa der Energieexperte David Keith von der University of Calgary in Kanada. Ehe man an den Schrauben des Weltklimas drehe, müsse man dessen »Maschinerie« zudem erst besser verstehen. Ein wohlthuender Gedanke angesichts der Tatsache, dass die Menschheit schon lange in relativer Ahnungslosigkeit Geoengineering betreibt – indem sie seit Beginn der Industrialisierung Kohlendioxid in rauen Mengen in die Atmosphäre ablädt. ◀◀



WOLKEN-ERZEUGER
Durch die Kamine steigt Gischt auf, an deren Salzpartikeln sich Wassertröpfchen niederschlagen

PATRICK MACALLISTER



VERLIERER

DER SÜDEN Weite Teile Südamerikas und Afrikas werden vermutlich noch häufiger als bisher unter Dürre leiden. Böden drohen immer mehr zu versalzen

Klimawandel: Wer sind die Ge

DIE GLOBALE ERWÄRMUNG HAT NICHT NUR NACHTEILE. ES GIBT AUCH WELTREGIONEN, DIE WAHR

Seit dem aktuellen Bericht des Internationalen Klimabeirats (IPCC) wird wieder über die möglichen Folgen des Klimawandels geredet. Der Tonfall ist düster: Schlagzeilen von der bevorstehenden »Klimakatastrophe« beherrschen die Debatte. Aber sind die Auswirkungen einer globalen Erwärmung und eines weiteren Anstiegs der CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre überall katastrophal? Klimaforscher weisen darauf hin, dass der Klimawandel nicht in allen Weltgegenden gleich ablaufen wird. Die regionalen Unterschiede sind zum Teil beträchtlich. P.M. zeigt, wer verlieren und wer gewinnen könnte.

Positiv

Auch wenn es schwer zu glauben ist: Es gibt Regionen, die aus dem fortschreitenden Klimawandel Nutzen ziehen könnten. Viele sind es jedoch nicht. Im Wesentlichen befinden sie sich in nördlichen Breiten, in den nördlichen Gegenden der gemäßigten Klimazone und in der Polarzone. In Deutschland könnte der westliche Teil der Nord-

deutschen Tiefebene profitieren. Bei einem moderaten Temperaturanstieg geht das Bundesumweltministerium davon aus, dass die Einflüsse von Atlantik und Nordsee dort den Klimawandel abmildern. Folge wäre ein gemäßigt wärmeres Klima, das zumindest Landwirtschaft und Tourismusindustrie ankurbeln könnte.

Allgemein nehmen Forscher an, dass in der gemäßigten Zone höhere Temperaturen und eine Zunahme des Kohlendioxids die Erträge der Bauern erhöhen können. Das liegt daran, dass Nutzpflanzen wie Getreide das zusätzliche CO₂ in mehr Körner umsetzen. Ab einem Temperaturanstieg von mehr als drei Grad Celsius – wenn die schlechteren Szenarien der Klimaforscher eintreten sollten – würde Hitzestress in den Pflanzen die positiven Effekte für die Landwirtschaft allerdings wieder zunichte machen.

Der IPCC schreibt in seinem jüngsten Bericht, dass etwa in Skandinavien nördlichere Landesteile, in denen es bisher kaum möglich war, Landwirtschaft zu betreiben,

zu potenziellen Anbauflächen werden. Der russische Präsident Wladimir Putin äußerte vor einiger Zeit gar die Hoffnung, dass sich die bislang meist gefrorenen Böden Sibiriens zu einer künftigen Kornkammer Russlands entwickeln könnten, wenn die Permafrost-Gebiete tauen.

EBENFALLS POSITIV bewertet der IPCC die Tatsache, dass in den nördlichen Zonen wesentlich weniger geheizt werden müsste. Dadurch würde Energie gespart und – je nach Energieträger – auch fossile Brennstoffe, deren Verfeuerung bislang viel CO₂ freisetzt.

In Nordamerika könnten sich in landwirtschaftlichen Zonen, die vor allem mit Regenwasser bewässert werden, die Erträge um fünf bis 20 Prozent steigern, wenn die Niederschläge dort zunehmen. Denselben Effekt hält der IPCC auch im südlichen und westlichen Neuseeland für möglich.

In der Arktis wird die sommerliche Eisdicke auf dem Nordpolarmeer drastisch abnehmen – ein Effekt, der bereits vor 30



GEWINNER

DER NORDEN In nördlichen Breiten könnte ein wärmeres Klima Tourismus und Landwirtschaft ankurbeln. Vielleicht gedeiht Wein dann auch in Skandinavien

Winner? Und wer die Verlierer?

SCHEINLICH VON DEN MILDEREN TEMPERATUREN PROFITIEREN WERDEN VON HUBERTUS BREUER

Jahren begonnen hat. Ab 2040 könnte das Nordpolarmeer im Sommer sogar völlig eisfrei sein, schätzen Klimaforscher. Das würde eine neue, deutlich kürzere Route für die Schifffahrt zwischen den Atlantikhäfen und Fernost eröffnen. Der Treibstoffverbrauch der Handelsflotten sänke – und damit auch die CO₂-Emissionen, die bei der Verbrennung von Schweröl und Schiffsdiesel anfallen.

Negativ

Die negativen Folgen überwiegen allerdings bei Weitem. In Deutschland sehen Klimaforscher den Nordosten – Mecklenburg-Vorpommern und Teile Brandenburgs –, den Südosten – besonders die Lausitz – sowie das Oberrheintal in Baden-Württemberg als künftige Verlierer. Trinkwasserverknappung und Dürren, aber auch vermehrte Hochwasser der großen Flüsse werden hier den Bauern zu schaffen machen. Im Oberrheintal ist mit der für Deutschland stärksten Erwärmung von bis zu 2,5 °C zu rechnen.

Wassermangel und Hitze drohen auch Süd- und Südosteuropa. Das beeinträchtigt nicht nur die Landwirtschaft, sondern auch die Energieversorgung: Wasserkraftwerken stünde nicht mehr ausreichend Wasser zur Verfügung, und aus Flüssen entnommenes Kühlwasser könnte bereits so warm sein, dass die Abwärme von Kraftwerken die Flüsse in einem ökologisch nicht mehr vertretbaren Maße weiter aufheizt. Dann müssten Kraftwerke zeitweise abgeschaltet werden, was zu Engpässen bei der Stromversorgung führen würde.

Die Alpen beginnen die Folgen der globalen Erwärmung bereits jetzt zu spüren. Die Schneegrenze verschiebt sich seit einigen Jahren, Gletscher schrumpfen, bislang

Im Oberrheintal soll die Temperatur in Zukunft um bis zu 2,5 °C ansteigen

gefrorene Berghänge tauen und führen zu Hangrutschungen, Schlamm- und Gerölllawinen. Diese Auswirkungen werden deutlich zunehmen und Wintersport-Tourismus zuletzt nur noch in wenigen Gebieten zulassen.

Der Rückgang von Schnee und Eis ist auch in Hochgebirgen auf anderen Kontinenten ein Problem. Während ein Niedergang des Skisports eher ein Luxusproblem darstellt, besteht die eigentliche Gefahr in der Trinkwasserversorgung der umgebenden Landschaften. Denn schmelzen die Gletscher ab, schwinden auch wichtige Trinkwasserreservoirs.

Zweiter Effekt: Weil die Schneeschmelze früher einsetzt, rauschen die frei werdenden Wassermassen früher als bisher im Jahr ins Tiefland. Am Ende des Sommers, wenn die Trinkwasserversorgung ohnehin am stärksten belastet ist, führen die Flüsse dann nicht mehr genug Nachschub heran. Von diesem Problem werden nicht nur Alpen-Anrainer betroffen sein, sondern gerade auch Metropolen an der amerikanischen

Leben ohne Abfall? Das geht!

DER CHEMIKER MICHAEL BRAUNGART WILL EINE NEUE INDUSTRIELLE REVOLUTION AUSLÖSEN – UM DIE UMWELT ZU RETTEN UND DEN KLIMAWANDEL ZU STOPPEN VON HOLGER FUSS

Sogar für den Kampf der Kulturen hat Michael Braungart einen umweltfreundlichen Vorschlag parat: »Wir haben die Deutschlandfahne untersucht. Sie enthält hochgiftige Stoffe. Die armen Palästinenser oder die fehlgeleiteten Islamisten, die von irgendwelchen Diktatoren dazu missbraucht werden, Fahnen zu verbrennen, vergiften sich ja! Und zwar mit großen Mengen an Dioxinen, die sowohl Chlor als auch Schwermetalle enthalten.«

Dies möchte Michael Braungart in Zukunft verhindern. Deshalb entwickelt der Chemiker derzeit »eine Fahne, die man gefahrlos verbrennen und kompostieren kann«. Demnächst will er seine Bio-Fahne gemeinsam mit einem süddeutschen Hersteller präsentieren.

Ein Witz? Keineswegs. Es geht um nichts Geringeres als die »nächste industrielle Revolution: Wir müssen alles, was wir sehen, noch mal neu erfinden«, sagt Braungart. Was sich wie das »Siehe, ich mache alles neu!« in der Offenbarung des Neuen Testaments anhört, ist beinahe auch so gemeint. Braungart ist kein religiöser Eiferer – aber er will die Welt verändern. Derart inspiriert sitzt der 49-jährige Professor, der an der Europa-Universität Lüneburg Chemische Verfahrenstechnik und Stoffmanagement lehrt, mit seiner Beratungsfirma EPEA (Environment Protection Encouragement Agency) direkt am Hamburger Heiligengeistfeld. Seine Mission ist in drei Wörtern formuliert: »Abfall ist Nährstoff.«

Unsere ökologische Krise, so Braungart, beruht darauf, dass wir bei der Herstellung unserer Produkte Stoffe verwenden, die in der natürlichen Umwelt nicht abgebaut werden können. Also müssen wir lernen, unsere Produkte intelligenter zusammen-



Michael Braungarts Mission lässt sich in nur drei Wörtern formulieren: Abfall ist Nährstoff

zusetzen. Braungarts Buch »Einfach intelligent produzieren« hat in den USA längst Furore gemacht. Schauspieler Brad Pitt zählt es im Männermagazin »Esquire« zu den »15 Dingen, die jeder kennen sollte«. Und Starregisseur Steven Spielberg macht daraus demnächst einen Dokumentarfilm.

»Cradle to cradle« nennt Braungart sein Konzept: Von der Wiege zur Wiege. Bislang haben wir »Cradle to grave« produziert, von der Wiege zum Grabe, zur Mülldepo-

nie. Wir treiben Raubbau an den Rohstoffen, türmen Abfallberge auf, vergiften Erdreich und Gewässer, wir verpesten die Luft. Der Klimawandel macht sich als aktuellstes Symptom bemerkbar.

In seiner Beratungsfirma tüftelt Braungart mit dreißig Mitarbeitern unentwegt an Produkten, die sich nahtlos in den natürlichen Kreislauf einschmiegen. »Alle Materialien, aus denen wir Produkte herstellen, müssen als Nährstoffe verwertbar sein.« Als Nährstoffe in biologischen oder technischen Kreisläufen. »Bremsbeläge, Schuhsohlen und Waschmittel können so gestaltet werden, dass sie als biologische Nährstoffe in den natürlichen Kreislauf zurückgehen – und dort nicht nur unschädlich, sondern sogar nützlich sind.« Für die Schweizer Firma Lantal, den weltgrößten Ausstatter von Flugzeugsitz-

bezügen, hat er etwa ein Patent für »essbare Möbelbezugsstoffe« entwickelt: Wenn ich darauf sitze, esse ich den Bezug praktisch. Ich rutsche hin und her, atme den Abrieb ein und nehme ihn durch Millionen von Molekülen in mir auf.«

IN DEN USA hat sich Braungart mit dem ökologisch orientierten Architekturprofessor William McDonough zusammengetan und 1995 die Firma McDonough Braungart Design Chemistry in Charlottesville, Virginia, gegründet. Mittlerweile sind dort hundert Mitarbeiter mit innovativen Industrieaufträgen beschäftigt. Der Teppichboden-Hersteller Shaw Industries zum Beispiel hat Braungarts Ideen bereits umgesetzt. Sein Zwei-Komponenten-Teppich besteht aus einer Verschleißschicht und einer Verbleibschicht. »Die Verschleißschicht nehme ich heraus und kann sie kompostie-

ren. Die Verbleibsschicht kann dann mit einer neuen Verschleißschicht bedeckt werden.«

Shaw verkauft seine Teppichböden nicht mehr, der Hersteller verleiht die Bodenbeläge an seine Kunden und nimmt Teppichböden der Konkurrenz kostenlos zurück, um das schädliche PVC aus dem Verkehr zu ziehen. Dahinter steckt Braungarts Vision des »Dienstleistungsprodukts«. Verbraucher sollen ihre Produkte nicht mehr kaufen, besitzen und am Ende beseitigen. Stattdessen sollen technische Erzeugnisse als Service in Anspruch genommen werden. Die Kunden zahlen für eine bestimmte Nutzungsfrist, zum Beispiel zehntausend Stunden TV. Anschließend geben sie das Gerät an den Hersteller zurück – als wertvollen technischen Nährstoff. Der zerlegt das Produkt und verwendet die Materialien für neue Erzeugnisse.

BRAUNGARTS Vision einer Zukunftswirtschaft sieht zwei getrennte Kreislaufsysteme vor: den biologischen und den technischen Kreislauf. Im biologischen Kreislauf zirkulieren die natürlich abbaubaren Substanzen. Das sind sowohl Lebensmittel als auch ihre intelligent entworfenen Verpackungen, die wir bedenkenlos in die Landschaft werfen können, weil sie dort schadstofffrei verrotten. Dazu zählen aber auch Textilien und Möbelbezüge, Autoreifen oder Bremsbeläge, deren Abrieb wir permanent einatmen. Alles, was sich im biologischen Kreislauf bewegt, muss für den Menschen ohne Bedenken essbar sein.

In den technischen Kreisläufen bewegen sich jene Stoffe, »die so konstruiert sind, dass sie in den industriellen Kreislauf zurückkehren können, dem sie entstammen«. Entsprechend könnte dann ein robustes Computergehäuse weiterhin als robustes Computergehäuse zirkulieren – oder als ein anderes hochwertiges Produkt wie ein Autoteile oder medizinisches Gerät.

Das Erschreckende an Braungarts Konzepten ist weniger ihre Radikalität. Es ist ihre Einfachheit. Das Know-how dazu besitzen wir längst. Wie es funktionieren kann, führt Wolfgang Grupp im schwäbischen

Burladingen vor. Der 64-jährige Alleininhaber hat sein Familienunternehmen Trigema zu »Deutschlands größtem T-Shirt- und Tennisbekleidungs-Hersteller« gemacht. Seine Kleider werden schadstofffrei und umweltfreundlich gefertigt. Seit Neuestem hat Trigema sogar »kompostierbare T-Shirts« im Angebot, die Braungart für das schwäbische Unternehmen entwickelt hat.

Der Maschinenbauer Jürgen Pfitzer und der Chemie-Ingenieur Helmut Nägele ha-

dig gemacht. Die Nachfrage ist beachtlich. Konzerne wie Porsche, Sony und Birkenstock sind bereits Kunden und fertigen aus Flüssigholz Lautsprecherboxen, Uhrengehäuse, Autoarmaturen, Spielwaren und Knöpfe.

NOCH IST ARBOFORM teurer als Markenkunststoff, gibt Pfitzer zu. In absehbarer Zukunft aber wird der Werkstoff billiger als Plastik sein – sobald die Fördermenge des Erdöls ihren Zenit überschritten hat und es zur Verknappung von Kunststoffen kommt. Dies könnte bereits 2010 der Fall sein. Intelligente Produkte müssen sich aber nicht nur mit der natürlichen Umwelt vertragen. Sie müssen auch zum Menschen passen, sich in unsere Gesellschaft einfügen.

Die Erfindung einer umweltfreundlichen Welt ist die Erschaffung einer menschenfreundlichen Welt. Daher sagt Braungart: »Wir müssen begreifen, dass wir Menschen auf Erden keine Schädlinge sind, sondern Nützlinge sein können, an denen sich andere Lebewesen freuen.« Aber haben uns nicht ökologische Untergangspropheten jahrzehntelang weisgemacht, der Planet würde an der Überbevölkerung zugrunde gehen?

Blödsinn, meint Braungart. Die jetzigen sechs Milliarden oder bald sogar zehn Milliarden Menschen sind überhaupt kein Problem. Wenn wir keine wertlosen Abfälle produzieren, können wir verschwenden ohne Ende. Und frei von schlechtem Gewissen. »Warum sollten wir Menschen nicht mindestens so intelligent sein wie die Ameisen? Der Kalorienverbrauch der Ameisen entspricht in etwa jenem von dreißig Milliarden Menschen, und sie produzieren viermal so viel Biomasse wie wir Menschen. Trotzdem sind die Ameisen keine Belastung für die Erde.«



ben Mitte der 1990er Jahre am Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie in Pfinztal eine Art Biokunststoff entwickelt. Die Grundsubstanz ist Lignin, das nach Zellulose zweithäufigste Polymer in der Natur. In der Zellstoffindustrie fallen jährlich weltweit an die 50 Millionen Tonnen Lignin an, die bislang verfeuert wurden. Pfitzer und Nägele mischten Lignin mit anderen Naturfasern wie Flachs oder Hanf und gewannen einen Werkstoff, der bei Erwärmung wie herkömmlicher Kunststoff formbar ist. Ihr flüssiges Holz nennen sie Arboform (lat. arbor = Baum). Es ist biologisch abbaubar und mindestens so stabil wie Plastik. Vor allem aber kann das Bioplastik in den herkömmlichen Kunststoffproduktionsanlagen verarbeitet werden. Teure Investitionen in neue Maschinen fallen also weg. 1998 haben sich Pfitzer und Nägele mit ihrer Firma Tecnar (Technologie nachwachsende Rohstoffe) selbststän-

www.pm-magazin.de

Intergovernmental Panel on Climate Change:
www.ipcc.ch

Michael Braungart im Internet:
www.epea.com