

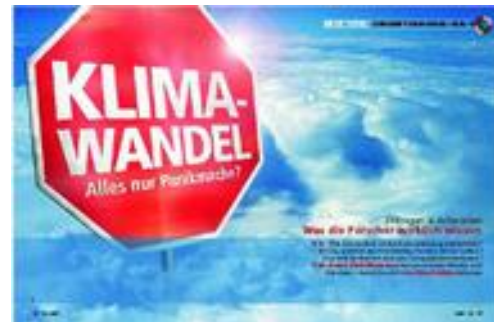
Zukunft der Erde, Teil 1

Klimawandel – Alles nur Panikmache?

Wie dramatisch ist die Erderwärmung tatsächlich? Ist CO₂ wirklich der Klimakiller, für den wir es halten? Und wie verlässlich sind die Computersimulationen? Was die Forscher wirklich wissen...

30 Fragen & Antworten. Was die Forscher wirklich wissen

- Wie dramatisch ist die Erderwärmung tatsächlich?
- Ist CO₂ wirklich der Klimakiller, für den wir es halten?
- Und wie verlässlich sind die Computersimulationen?



P.M.-Autor Dirk Maxeiner trennt sicheres Wissen und Glauben – damit Sie sich ein Urteil bilden können.

Fliegt uns die Erde um die Ohren? Zerbricht der Nordpol? Der Planet ächzt, die Gletscher schmelzen, Sylt zerbricht, und die Eisbären sterben aus. Medien, Politiker und Wissenschaftler wählen den Alarmton, seit dem neuen UN-Bericht geht die Klima-Hysterie um. Viele Menschen haben Angst und fürchten um die Zukunft. Für den normalen Bürger ist es oft schwer, Positionen und Argumente einzuordnen und wissenschaftliche Zusammenhänge zu verstehen.

Was ist Konsens und was ist umstritten? Was ist Wissenschaft und was ist Politik? Was ist Fakt und was Fiktion? P.M.-Autor Dirk Maxeiner hat einfache, häufig gestellte Fragen zusammengetragen und versucht sie auf leicht verständliche Art zu beantworten. Dies soll dem Leser helfen, die Flut an Informationen, die auf ihn einströmt, besser zu verstehen und in Perspektive zu setzen. Endgültige Gewissheiten gibt es nicht – aber Hintergrund-Informationen, die es erleichtern, einen eigenen Standpunkt in der Klima-Debatte zu finden.

1. Was ist »Klimawandel«?

Klimawandel ist der Normalfall. Das Klima hat sich verändert, solange die Welt existiert, und wird dies auch weiterhin tun. Schon vor dem Erscheinen des Menschen gab es wärmere und kältere Zeiten als heute, mitunter auch abrupte Temperaturschwankungen um mehrere Grad innerhalb weniger Jahre.

2. Was bedeutet »globale Erwärmung«?

Darunter wird im Allgemeinen eine vom Menschen verursachte Erwärmung verstanden. Sie wird in erster Linie auf Kohlendioxid zurückgeführt. Es wird durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe schneller ausgestoßen, als es die Natur absorbieren kann, und häuft sich in der Atmosphäre an. Die meisten Wissenschaftler gehen davon aus, dass zumindest bei der Erwärmung der letzten 30 Jahre der Einfluss des Menschen überwiegt.

3. Was ist unter »Klimakatastrophe« zu verstehen?

Klimakatastrophe ist ein von Medien und Umweltaktivisten geprägter Begriff. Er wird meist im Kampf um politische Ziele bemüht. Praktisch alle Naturkatastrophen werden dabei auf den Treibhauseffekt zurückgeführt, auch wenn es für einen solchen Zusammenhang keine wissenschaftlichen Belege gibt. Wetterextreme werden als repräsentativ für die Zukunft dargestellt und mit Bildern von Stürmen, Fluten, versinkenden Städten und Inseln emotionalisiert. Archetypisch für diese Weltsicht ist der Hollywoodfilm »The Day After

Tomorrow«, in dem New York unter einer eisigen Flutwelle gefriert. Die Endzeit-Prognosen basieren auf Spekulationen, beispielsweise dem vollständigen Abschmelzen der Pole oder dem Ausbleiben des Golfstroms. Solche Entwicklungen sind für die absehbare Zeit extrem unwahrscheinlich.

4. Was ist Klima?

Klima ist die Statistik des Wetters. Der Begriff bezieht sich auf einen längeren zeitlichen Mittelwert von Einflussgrößen wie Temperatur oder Niederschlag. Während jedermann das tägliche Wetter spüren und empfinden kann, handelt es sich beim Begriff Klima um ein Hilfsmittel, das der Wissenschaft die Beschreibung von langfristigen Veränderungen ermöglichen soll. Die »Globaltemperatur« beispielsweise ist ein statistisches Artefakt und herrscht nirgendwo tatsächlich – vergleichbar dem globalen Durchschnittseinkommen, das ja auch niemand wirklich bezieht. Und doch sind beide Größen für die Wissenschaft hilfreich, um grundsätzliche Entwicklungen auf dem Planeten darzustellen.

Für die Beschreibung des Klimas werden Temperaturen, Niederschläge, Luftfeuchtigkeit, Sturmhäufigkeit und dergleichen über einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren gemittelt. Die meisten Klimabetrachtungen erstrecken sich aber über Jahrhunderte, Jahrtausende oder noch längere Zeiträume. Aus Abweichungen vom langfristigen Mittel lesen Klimaforscher Trends ab, etwa den Übergang von einer Warmzeit in eine Kaltzeit – wie in den letzten 1000 Jahren zwischen dem warmen Mittelalter und der folgenden »kleinen Eiszeit«.

5. Was ist Konsens unter den Wissenschaftlern?

Es herrscht Einigkeit darüber, dass der Mensch das Klima beeinflusst. Das hat er bereits in der Vergangenheit getan, eine Weltbevölkerung von über sechs Milliarden Menschen tut es umso mehr. Lokale Veränderungen wie Entwaldung, Landwirtschaft, Überweidung, Bewässerung und wachsende Großstädte tragen dazu genauso bei wie großräumig wirkende Emissionen durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe oder die Haltung von Nutztieren. All dies kann direkte oder indirekte Auswirkungen auf das Klima haben.

Einigkeit herrscht auch darüber, dass eine erhöhte Konzentration von Treibhausgasen tendenziell zu einer stärkeren Erwärmung der Atmosphäre führt. Alles andere ist umstritten. Keine Einigkeit herrscht insbesondere darüber, inwieweit der zusätzlich vom Menschen verursachte Treibhauseffekt durch andere künstliche oder natürliche Einflüsse verstärkt, abgeschwächt oder überlagert wird. Dies ist einer der Gründe, warum es eine so große Bandbreite der Prognosen für eine künftige Temperaturentwicklung gibt.

6. Wie hoch ist die Globaltemperatur?

Schon der »Entdecker« des Treibhauseffekts, der schwedische Chemie-Nobelpreisträger Svante Arrhenius, versuchte sich zu Beginn des 20. Jahrhunderts an einer groben Schätzung der »Weltmitteltemperatur«. Er kam auf 15 Grad Celsius und lag damit gar nicht schlecht. In diesem Bereich bewegen sich auch heutige Angaben. Es gibt allerdings nicht nur eine Globaltemperatur, sondern viele verschiedene – je nachdem, wer sie mit welchen Methoden ermittelt. Am häufigsten werden die Angaben der britischen Climate Research Unit (CRU) und des Goddard Institute for Space Studies (GISS) der NASA zitiert.

In der Regel werden keine absoluten Zahlen für die Globaltemperatur genannt, sondern nur die Abweichungen gegenüber einem 30-jährigen Mittelwert. Die CRU beispielsweise zieht dafür den Zeitraum von 1961 bis 1990 heran. Dessen langfristiges Mittel lag bei 14,0 Grad Celsius. 2005 wich davon um 0,48 Grad nach oben ab, dies ergibt 14,48 Grad; 2006 lag nach vorläufigen Berechnungen mit 14,42 Grad etwas darunter. Das wärmste Jahr der jüngsten Vergangenheit war 1998 mit 14,52 Grad.

Es ist für die Wissenschaft ein äußerst schwieriger Prozess, diese Angaben hieb- und stichfest zu machen. Die täglich von jedermann erlebten Temperaturschwankungen sind mehr als 100-mal so groß. Und noch eine Überraschung halten die Daten bereit. Der Planet durchläuft jedes Jahr eine erhebliche Schwankung der Globaltemperatur. Sie ist nicht – wie man erwarten könnte – relativ konstant, weil sich Winter und Sommer auf der Nord- und Südhalbkugel ausgleichen würden. Stattdessen folgt der Durchschnittswert dem Rhythmus der Nordhalbkugel und durchläuft zwischen Januar und Juli Jahr für Jahr eine globale Erwärmung von etwa vier Grad.

7. Wie wird die Globaltemperatur ermittelt?

Über den Globus sind einige tausend Messstellen verteilt – an Land und auf Schiffen. Jede Station errechnet aus mehreren Messungen über 24 Stunden eine durchschnittliche Tagestemperatur, aus der wird dann über 365 Tage die Jahresmitteltemperatur generiert. Die Werte von Nord- und Südhalbkugel – auf dem Land und auf dem Meer – werden zusammengenommen und wiederum gemittelt: Heraus kommt die Globaltemperatur.

In Wahrheit ist es noch komplizierter, denn es sind zahlreiche Probleme zu bewältigen: Die Messstellen auf den Ozeanen sind bei Weitem nicht so dicht gesät wie die an Land und meist nicht an einem festen Ort. Auch an Land konzentrieren sich die Messstellen in gut zugänglichen Gegenden – in der Sahara, der Antarktis oder dem Tropenwald gibt es nur wenige Stationen. Mit dem Ende des Kalten Krieges wurden vor allem in der Sowjetunion viele militärische Messstationen geschlossen, was die heutigen Angaben aus dieser Region nur noch bedingt vergleichbar macht. Ehemals in ländlichen Regionen installierte Thermometer wurden von städtischer Bebauung eingeholt. Städte bilden die Temperatur verfälschende »Hitzeinseln«, die man herauszurechnen versucht. Seit einiger Zeit gibt es auch Messungen, die nicht in Bodennähe, sondern von Satelliten und Wetterballons aus in den unteren Luftschichten vorgenommen werden: Beide zeigen im Schnitt der letzten Jahrzehnte eine geringere Erwärmung als die traditionellen Messverfahren.

8. Wie ungewöhnlich ist unser gegenwärtiges Klima?

Würde man die gegenwärtigen Temperaturen mit der mittelalterlichen Warmzeit (»Mittelalterliches Optimum«) vergleichen, ergäbe sich kein merkbarer Unterschied. Wie bei allen statistischen Betrachtungen hängt die Aussage sehr stark von den Zeitabschnitten ab, die man für einen Vergleich auswählt. Unser heutiges Klima wird am häufigsten in Beziehung zu den vergangenen 150 Jahren gesetzt, auch weil es erst seitdem einigermaßen zuverlässige und fortlaufende Wetter- und Temperaturmessungen gibt. Viele Temperaturkurven fangen mit dem Beginn der regelmäßigen Aufzeichnungen um 1860 an. Dieser Termin fällt mit dem Ende der »kleinen Eiszeit« und somit einem Temperatur-Minimum zusammen. Ein Teil der Erwärmung seitdem ist der Erholung von dieser Kaltzeit geschuldet.

9. Wird die Erwärmung immer dramatischer?

Ein Blick auf den Temperaturverlauf der letzten 100 Jahre zeigt bis etwa 1940 einen ähnlich raschen Anstieg wie heute, obwohl die Treibhausgase dabei noch keine große Rolle gespielt haben können. Danach kühlte es ab, und man befürchtete deshalb eine neue Eiszeit. Seit den 1970er Jahren nimmt die Temperatur um knapp 0,2 Grad pro Jahrzehnt zu.

Der beobachtete globale Erwärmungstrend der letzten Dekaden verläuft bis dato ziemlich gleichmäßig und linear – und nicht exponentiell. Er bewegt sich damit seit drei Jahrzehnten im unteren Bereich der von Klimamodellen für die Zukunft prognostizierten Werte. Als wärmstes Jahr gilt 1998, in dem die zyklische Meerereswärmung El Niño in besonders starker Ausprägung auftrat. In den acht Jahren seitdem wurde der Rekordwert nicht mehr übertroffen.

10. Wie global ist die globale Erwärmung?

Die globale Erwärmung ist erstaunlich regional. Schon die getrennte Betrachtung von Nord- und Südhalbkugel offenbart das. So entfallen etwa drei Viertel der Erwärmung der letzten 30 Jahre auf die nördliche Hemisphäre. Die Südhalbkugel, die zum überwiegenden Teil von Meeren bedeckt ist, zeigt nur sehr moderat steigende Temperaturen. Eine Analyse der Erwärmungsmuster auf der Nordhalbkugel ergab, dass die Erwärmung der letzten 50 Jahre zu über zwei Drittel im Winter stattgefunden hat. Und beinahe 80 Prozent dieses winterlichen Temperaturanstiegs konzentrieren sich auf die kältesten Gebiete von Sibirien und Nordamerika, wo die Temperaturen in der Polarnacht 40 Grad und mehr unter dem Gefrierpunkt liegen (es ist dann nicht mehr ganz so kalt). Auf die winterliche Erwärmung dieser Gebiete – und damit nur auf einen kleinen Bruchteil der Fläche der Nordhalbkugel – entfällt etwa die Hälfte der gesamten Erwärmung.

Das Phänomen lässt sich mit einem einfachen Beispiel verdeutlichen: Man stelle sich ein Haus vor, bei dem es im Keller minus 20 Grad kalt und unter dem Dachboden plus 20 Grad warm ist – die Durchschnittstemperatur wäre null Grad. Wenn es nun im Keller nur noch 10 Grad minus hat, dann ergibt sich daraus eine durchschnittliche Erwärmung des Hauses um fünf Grad: Was nichts daran ändert, dass im Keller immer noch Dauerfrost herrscht. Auch in unseren Breiten haben mildere und kürzere Winter sowie weniger kühle Sommernächte einen größeren Anteil an der Erwärmung als etwaige Hitzerekorde. Es ist vor allem weniger kalt.

11. Ist der Treibhauseffekt vom Menschen verursacht?

Der Treibhauseffekt ist zunächst einmal ein natürliches Phänomen. Zusammen mit dem Wasserdampf und anderen Spurengasen sorgt das Kohlendioxid für lebensfreundliche Temperaturen auf dem Planeten. Die Hülle der verschiedenen Gase bewirkt, dass ein Großteil der von unserem Planeten ausgehenden Wärmestrahlung reflektiert wird. Grob vereinfacht ist das wie eine Nebelwand, durch die man nachts mit dem Auto fährt: Der Nebel verschluckt das Scheinwerferlicht und fängt an zu leuchten, sodass ein Teil auf den Fahrer zurückgeworfen wird.

Ohne den Treibhauseffekt würde der Planet nicht 15 Grad warm, sondern minus 18 Grad kalt sein. Er erwärmt die Erde also um etwa 33 Grad. Tatsächlich ist die Sache noch komplizierter: »Würde der natürliche Treibhauseffekt ungedämpft wirken«, sagt der NASA-Klimaforscher Roy Spencer, »so wäre die Erde rund 55 Grad heiß.« Die Natur hat in Form von Verdunstung und Wetterprozessen offenbar ein Kühlsystem installiert, das aber kaum verstanden ist.

Bei der Klimadiskussion ist im Gegensatz zum natürlichen der »anthropogene« Treibhauseffekt gemeint, also eine Verstärkung des Phänomens durch den Menschen. Eine Verdoppelung des Kohlendioxid-Anteils gegenüber der vorindustriellen Zeit würde den natürlichen Treibhauseffekt um etwa 2,5 Prozent verstärken. Wie groß die Temperatursteigerungen sind, zu denen es im Klimasystem aufgrund von zusätzlichen Rückkoppelungs-Effekten tatsächlich kommen wird, ist jedoch unsicher.

Die Funktion des Kohlendioxids ist logarithmisch: Wollte man seine zusätzliche Wirkung noch einmal verdoppeln, müsste man die CO₂-Konzentration bereits vervierfachen, dann verachtfachen und so weiter. Es strebt also einem Sättigungspunkt entgegen, an dem neu in die Atmosphäre gelangte Moleküle praktisch keine zusätzliche Wirkung mehr haben. Genau wie bei einem Treibhaus, bei dem es nichts mehr bringt, noch dickere Scheiben zu installieren.

12. Ist Kohlendioxid das wichtigste Treibhausgas?

Mindestens zwei Drittel des natürlichen Treibhauseffekts gehen auf das Konto von Wasserdampf. Kohlendioxid und (in geringerem Ausmaß) Gase wie bodennahes Ozon oder Methan teilen sich lediglich den Rest. Es ist auch weniger die unstrittige, aber relativ geringe Treibhauswirkung des Kohlendioxids selbst, als vielmehr die Vermutung eines erheblichen Verstärkungseffektes durch Wasserdampf, auf dem das gängige wissenschaftliche Gebäude aufbaut.

Für den Fall einer Verdoppelung der Kohlendioxid-Konzentration ergäbe sich eine direkte zusätzliche Treibhauswirkung von nicht einmal einem Grad. Wie kommen dann Prognosen zustande, die für diesen Fall einen Temperaturanstieg um mehrere Grad voraussagen? Dem liegt folgende Hypothese zugrunde: Die ursprüngliche leichte Erwärmung lässt mehr Wasser verdunsten, und der zusätzliche Wasserdampf lässt die Temperaturen dann noch mehr steigen. Die Wissenschaftler nennen dies eine »positive Rückkoppelung«.

Theoretisch ist dieser physikalische Prozess klar. Was aber tatsächlich im komplexen Geschehen der Atmosphäre abläuft, ist unklar. Und in diesem entscheidenden Punkt liegt auch die Achillesferse aller gängigen Klimamodelle und Prognosen. Das Verhalten des Wasserdampfes und die Wolkenbildung sind nämlich kaum verstanden und können auch nicht im Rechner simuliert werden. Verschiedene Wolken in verschiedenen Höhen können wärmende Wirkung (positive Rückkoppelung), aber auch kühlende Wirkung (negative Rückkoppelung) haben. Ihre kühlende Wirkung hat jeder schon einmal erlebt, wenn sich im Sommer eine Wolke vor die Sonne schiebt. Was bei den teilweise gegenläufigen Temperatureffekten unter dem Strich herauskommt, ist schwer zu sagen. Wie groß die Unsicherheit ist, zeigen die Temperatur-Hochrechnungen für den Fall einer Verdoppelung des Kohlendioxids: Sie schwanken um den Faktor drei.

13. Ist die Verantwortung des Kohlendioxids für die Erwärmung bewiesen?

Für eine dominierende Rolle des Kohlendioxids im aktuellen Klimageschehen gibt es keinen direkten Beweis, sondern nur eine indirekte Herleitung: Man glaubt, alle anderen Ursachen für die in den letzten 30 Jahren beobachtete Erderwärmung ausschließen zu können. CO₂ bleibt derzeit nach Meinung der meisten Klimaforscher als einziger Tatverdächtiger übrig.

Richtig ist: Die Kohlendioxid-Konzentration ist seit der vorindustriellen Zeit um etwa ein Drittel angestiegen, von etwa 0,029 Prozent auf heute 0,038 Prozent. Richtig ist auch, dass die Temperatur im gleichen Zeitraum um etwa 0,7 Grad angestiegen ist. Der Zusammenhang beider Entwicklungen ist aber nicht sehr deutlich. Das Kohlendioxid ist langsam und stetig angestiegen. Man sollte also meinen, dass die Temperaturen in diesem Zeitraum ebenfalls kontinuierlich zugenommen hätten. Das ist aber nicht der Fall. Erst wurde es wärmer, dann wieder kälter, dann stiegen die Temperaturen wieder an. Die meisten Klimaforscher halten Kohlendioxid als Hauptfaktor für die Erwärmung der letzten 30 Jahre dennoch für erwiesen.

Dem widerspricht eine Reihe von Astro-Physikern und Geo-Wissenschaftlern, die einen anderen Tatverdächtigen präsentieren. Sie glauben, dass zwei Drittel der Temperaturschwankungen mit der kosmischen Strahlung erklärbar sind. Diese könnte somit der Hauptmotor für Erwärmung und Abkühlung sein. Die kosmische Strahlung muss man sich wie einen unsichtbaren Sandsturm vorstellen. Sie stammt von explodierenden Sternen in der Galaxie und enthält winzige Partikel, die beim Auftreffen auf die Erdatmosphäre Kondensationskerne und in der Folge Wolken bilden. Eine Änderung der Wolkenbedeckung um nur wenige Prozent hat enorme Auswirkungen auf das Erdklima.

Die Kausalkette dafür scheint plausibel und lässt sich physikalisch genauso schlüssig wie die Kohlendioxid-Hypothese erklären: Die auf die Atmosphäre treffende kosmische Strahlung wird von der Sonne moduliert. Je stärker das Magnetfeld der Sonne ist, desto mehr schirmt sie die Erde gegen den Partikelsturm ab. Nun hat sich das Magnetfeld der Sonne im 20. Jahrhundert verdoppelt. Weil die Erde dadurch besser abgeschirmt wird, bilden sich in den unteren Schichten weniger kühlende Wolken: Es wird wärmer. Doch auch hier gibt es das gleiche

Problem wie bei der Kohlendioxid-Hypothese: Die Physik der oberen Atmosphäre ist zu wenig verstanden. Forscher aus 18 Instituten und neun Ländern haben sich inzwischen zu einem Großprojekt »Cloud« (Wolke) zusammengetan, um unter anderem mit einem Experiment am europäischen Kernforschungszentrum CERN in Genf zu überprüfen, ob und wie der diskutierte Erklärungsansatz für den Einfluss der Sonnenaktivität auf unser Klima funktioniert.

Das ändert nichts an einem durch Kohlendioxid intensivierten Treibhauseffekt – es könnte sich aber herausstellen, dass er in seiner Wirkung überschätzt wird. Möglicherweise treffen beide Hypothesen zu, und die Wahrheit liegt irgendwo dazwischen. Prinzipiell ist es wenig plausibel, dass die natürlichen Einflüsse, die für die rasche Erwärmung in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts eingeräumt werden, plötzlich aufgehört haben sollten zu existieren. Das letzte Wort in dieser Hinsicht ist nicht gesprochen.

14. Kann das Klima aus dem Ruder laufen?

Einige Wissenschaftler befürchten, das Klima könne durch eine sich selbst verstärkende Kettenreaktion einen »Tipping-Point« erreichen und gleichsam umkippen. Das Szenario lautet wie folgt: Mehr Kohlendioxid verursacht höhere Temperaturen, die mehr Wasserdampf und damit noch mehr Wärme produzieren, woraufhin wiederum mehr natürliches Kohlendioxid und andere Treibhausgase aus Meeren und Böden aufsteigen, was die Temperaturen weiter erhöht.

Das Ganze löst eine fortwährende Kaskade positiver Rückkoppelungen aus – schmelzende Eisflächen reflektieren weniger Wärmestrahlung, was wiederum mehr Eis schmelzen lässt, und so weiter und so fort. Dem steht entgegen, dass es in der Erdgeschichte Phasen mit 10- bis 20-mal höheren Kohlendioxid-Konzentrationen als heute gab – und gleichzeitig eine Eiszeit herrschte. Es kam auch wiederholt zu Temperatursprüngen um mehrere Grad innerhalb weniger Jahre, ohne dass ein solcher »Runaway-Effekt« eingetreten wäre.

15. Ist Kohlendioxid ein Schadstoff?

Kohlendioxid ist kein Schadstoff, sonst müsste man dem Menschen das Atmen verbieten. Er ist selbst eine Verbrennungsmaschine: Schon wenn er den Brennwert seines Frühstücks umwandelt, emittiert er Kohlendioxid. Wenn sich 100 Menschen in einem vier Meter hohen Raum von 200 Quadratmeter Fläche versammeln, dann ist die CO₂-Konzentration darin nach einer Stunde etwa zehnmal so hoch wie der in der Erdatmosphäre. Gefährlich ist das aber nicht. Wie die Sonne, das Wasser oder der Sauerstoff hält Kohlendioxid den planetaren Kreislauf in Gang, es dient zur Ernährung der Pflanzen. In Gewächshäuser wird daher sogar zusätzliches Kohlendioxid hineingeblasen. 97 Prozent der jährlichen Kohlendioxid-Emissionen entstammen der Natur, etwa drei Prozent aus der Verbrennung fossiler Rohstoffe durch den Menschen.

16. Hat die klassische Luftverschmutzung etwas mit der globalen Erwärmung der Atmosphäre zu tun?

Nach Ansicht der meisten Forscher trägt nicht die Luftverschmutzung zur globalen Erwärmung bei, sondern ihre Beseitigung. Die Emissionen aus Schloten und Auspuffen enthalten kleine Staubpartikel, so genannte Aerosole, die Strahlung reflektieren und Wolken bilden können. Nach der gegenwärtig herrschenden Lehrmeinung haben sie insgesamt einen eher kühlenden Effekt: Je höher die Luftverschmutzung, desto größer die Abkühlung.

Mit dieser Hypothese wird beispielsweise versucht, die trotz steigenden Kohlendioxid-Gehalts sinkenden Temperaturen von 1940 bis 1970 zu erklären: Die abkühlende Wirkung der Luftverschmutzung habe die erwärmende Wirkung des zunehmenden Kohlendioxids »maskiert«, also überlagert. Mit Filtern und steigender Luftqualität falle dieser Faktor jetzt

mehr und mehr weg, und die Temperaturen würden umso schneller ansteigen. Trifft das zu, dann tragen unsere Luftreinigungsmaßnahmen paradoxerweise zur globalen Erwärmung bei. Es gibt allerdings viele Stimmen unter den Klimaforschern, die diesen Mechanismus für überschätzt halten.

17. Steigt der Meeresspiegel immer schneller an?

Der Meeresspiegel stieg am Ende der letzten Eiszeit vor etwa 10000 Jahren rasch, in den letzten paar tausend Jahren aber nur noch langsam an. Satellitenmessungen ergeben einen Anstieg von etwa ein bis drei Millimeter pro Jahr, das wären in 100 Jahren zehn bis 30 Zentimeter. Der aktuelle UN-Klimabericht hält für diesen Zeitraum einen Anstieg zwischen 19 und 59 Zentimetern für möglich, der Höchstwert wurde gegenüber dem Vorbericht um etwa ein Drittel zurückgenommen.

Dabei kommt der Wärmeausdehnung des Wassers vermutlich eine größere Rolle zu als zusätzlichem Schmelzwasser. Es gibt Regionen, in denen der Pegel sich etwas schneller erhöht, in anderen sinkt er. Das deutet darauf hin, dass natürliche und zyklische Einflüsse eine Ausdehnung des Wassers infolge der Erwärmung deutlich überlagern. Die Weltmeere sind keine spiegelglatte Wassermasse, die lediglich der Krümmung der Erdkugel unterliegt. Weil Masse und Anziehungskraft der Erde ungleich verteilt sind, weist die Meeresoberfläche Senken und Höhen mit einem Unterschied von bis zu 130 Metern auf. Auch Winde und Strömungen lassen den Meeresspiegel an manchen Orten steigen und an anderen sinken. Nach einer Studie britischer Forscher von Anfang 2007 ist der Anstieg in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts geringer ausgefallen als in den 50 Jahren zuvor.

18. Versinken die Malediven und die Südseeinseln?

Um den Südseestaat Tuvalu herum, dessen Inseln in den Medien zu Ikonen des Untergangs geworden sind, ist die durchschnittliche Höhe des Meeresspiegels seit Jahrzehnten nicht angestiegen. Die Malediven wuchsen vor 5000 Jahren auf einem untergetauchten Korallenriff bis über die Wasseroberfläche. Seitdem ist der Meeresspiegel bereits um zweieinhalb Meter gestiegen, ohne dass die Inseln verschwunden wären – sie wachsen einfach mit. Auch große Mündungsdeltas auf dem Festland heben sich dank angeschwemmter Sedimente vielerorts mit vergleichbarer Geschwindigkeit wie der Meeresspiegel.

19. Schmelzen die Pole?

Die Situation an den Polen ist nicht eindeutig. Am Südpol ist es in den letzten Jahrzehnten überwiegend kälter geworden. Wenn von einer Erwärmung die Rede ist, bezieht sich dies in der Regel auf die antarktische Halbinsel: Die macht allerdings nur zwei Prozent der antarktischen Landmasse aus. Am Nordpol ist es hingegen tatsächlich wärmer geworden. Allerdings gibt es sehr große regionale Unterschiede. Der Nordpol besteht aus auf dem Wasser schwimmendem Eis, das den Meeresspiegel beim Schmelzen nicht ansteigen lässt (genauso wenig wie ein Eiswürfel im Wasserglas).

Abschmelzende Eismassen auf den Festlandsockeln der Antarktis oder Grönlands würden den Meeresspiegel aber sehr wohl steigen lassen. Diese Eismassen verändern sich derzeit; während das Eis an den Rändern teilweise abnimmt, kommt im Inneren durch Niederschlag neues hinzu. Die Antarktis scheint insgesamt stabil, in Grönland soll zwischen 1993 und 2003 ein Nettoverlust an Eismasse zwischen 50 und 100 Gigatonnen pro Jahr stattgefunden haben. Diese Jahresmenge entspricht grob abgeschätzt einem Fünzigtausendstel des gesamten Eisschildes.

20. Versiegt der Golfstrom?

Die Wahrscheinlichkeit eines Versiegens des Golfstroms im 21. Jahrhundert liegt nahe bei null. Die Theorie hinter dem Szenario beruht auf der so genannten thermohalinen Zirkulation. Warmes Wasser strömt vom Golf kommend nach Norden. Da auf dem Weg dorthin viel Wasser verdunstet, erhöht sich der Salzgehalt, das Wasser wird schwerer. Im Norden sinkt das abgekühlte schwere Wasser in die Tiefe und fließt dann zurück in den Süden. Ein Abschmelzen der Polkappen würde den Ozean mit Süßwasser »verdünnen«, die leichteren Wassermassen könnten nicht mehr in die Tiefe sinken, das Förderband des Golfstroms käme zum Stillstand. So könnte die globale Erwärmung Europa eine Kaltzeit bescheren, lautet die Hypothese.

2005 glaubte man tatsächlich eine 30-prozentige Abschwächung des Strömungsantriebs des Golfstroms festgestellt zu haben – was sich inzwischen als falsch herausgestellt hat. Hinzu kommt: Der Golfstrom wird in erster Linie von dem Windsystem über dem Nordatlantik und von der Erdrotation in Schwung gehalten. Der Ozeanograf Carl Wunsch vom Massachusetts Institute of Technology sagt: »Wer den Golfstrom wirklich zum Stillstand bringen will, muss entweder die Winde abschalten oder die Erde anhalten. Oder beides.«

21. Dehnen sich die Wüsten immer mehr aus?

Auf 40 Prozent der Landfläche des Planeten ist es gegenüber dem langjährigen Mittel entweder trockener oder feuchter geworden. Es gibt mehr als 100 verschiedene Definitionen für den Begriff »Verwüstung«: Je nachdem, welche man wählt, kommen unterschiedliche Aussagen heraus. Es liegen aber auch kaum quantitative Daten vor, die Aussagen über einen globalen Trend erlauben würden. Es gibt Wüsten, die sich ausdehnen, und solche, die schrumpfen. Auswertungen von Satellitenbildern und Niederschlagsmessungen zeigen beispielsweise, dass im Sahel südlich der Sahara das fruchtbare Land zunimmt und die vegetationslose Fläche auf dem Rückzug ist.

Die Ausdehnung von Wüsten muss ihre Ursachen nicht unbedingt in Klima-Veränderungen haben. Abholzung, Überweidung und falsche landwirtschaftliche Methoden können genauso ausschlaggebend dafür sein. In Afrika werden nach Angaben der UN 58 Prozent der Bodenerosion auf Überweidung zurückgeführt. Auch der erhöhte Kohlendioxid-Gehalt der Luft spielt eine Rolle: Er bewirkt ein stärkeres Pflanzenwachstum, insbesondere auf der Nordhalbkugel. Satellitenbilder dokumentieren, wie sich die Wälder ausdehnen.

22. Schmelzen die Gletscher?

In den Alpen nehmen die Gletscher ab – wie fast überall auf der Welt. Auch hier ist es schwierig, eine Abgrenzung zwischen natürlichen Zyklen und einem menschengemachten Klimawandel als Ursache vorzunehmen. In den Schweizer Zentralalpen gab es in den letzten 10000 Jahren acht ähnliche Rückzugsphasen, teilweise über den heutigen Stand hinaus. In den Geröllhalden finden sich Zeugnisse früherer Vegetation und Zivilisation.

23. Wird es immer stürmischer?

Die globale Erwärmung verringert die Temperaturunterschiede zwischen den Polen und dem Äquator. Je größer dieser Gegensatz ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass Stürme entstehen. Von der Theorie her sollte eine globale Erwärmung daher eher zu einer Verringerung der Sturmhäufigkeit führen. Die Statistiken der letzten Jahrzehnte lassen keinen eindeutigen Trend in die eine oder andere Richtung erkennen. Das gilt auch für die Stärke der Stürme, die nach Ansicht einiger Wissenschaftler durch mehr Wasserdampf in der Atmosphäre entstehen könnten.

24. Gibt es auf der Erde immer mehr Naturkatastrophen?

Für diese Behauptung existiert keine eindeutige Datenlage. Beispielsweise ist nicht klar, ob

extreme Wetterereignisse zugenommen haben – oder nur die Aufmerksamkeit dafür. Richtig ist, dass die materiellen Schäden immer mehr zunehmen. Das liegt aber vor allem daran, dass immer mehr Menschen in gefährdeten Gebieten – beispielsweise an den Küsten – siedeln. Auch haben sie durch wachsenden Wohlstand immer mehr Hab und Gut und sind immer häufiger versichert. Viel wichtiger aber ist eine andere Entwicklung: Die Zahl der bei Stürmen, Hochwassern und anderen klimabedingten Katastrophen getöteten Menschen ist seit Beginn des 20. Jahrhunderts stark rückläufig. Trotz steigender Temperaturen ist das Leben für die Menschen sicherer geworden.

25. Trifft eine Klimaveränderung die armen Länder am meisten?

Dafür müsste man wissen, welche Länder in 50 oder 100 Jahren zu den armen Ländern gehören. Vor 30 Jahren wurden den Ländern Südostasiens noch massenhafte Hungersnöte vorausgesagt, heute sind sie zu unseren Konkurrenten auf dem Weltmarkt geworden. Prinzipiell ist es richtig, dass sich arme Menschen schlechter gegen Naturgewalten schützen können als reiche. Entwicklung, Fortschritt und mehr Wohlstand sind daher die beste Versicherung gegen Klimarisiken.

26. Breiten sich Tropenkrankheiten bei uns aus?

Die Ausbreitung von Krankheiten wie Malaria hat mit den herrschenden Temperaturen wenig zu tun. Malaria forderte in vergangenen Jahrhunderten von den Tropen bis nach Russland und zum Polarkreis ihre Opfer – und dies in kälteren Zeiten als heute. Holland wurde 1970 als letztes europäisches Land malariafrei. Die Ursachen für die Ausbreitung der Anopheles-Mücke liegen unter anderem im Abholzen von Wäldern, Anlegen von neuen Reisfeldern und dem Verbot des Bekämpfungsmittels DDT.

Malaria wird weniger durch die Temperatur begünstigt als durch mangelnde Möglichkeiten der Bevölkerung, sich vor den Stechmücken zu schützen. Dazu gehören Spritzmittel, die Beseitigung offener Tümpel, Kanalisation und feste Häuser mit Moskitogittern. Ähnliches gilt für das Dengue-Fieber. Während es im Süden der USA nur vereinzelte Fälle gibt, geht deren Zahl in den angrenzenden mexikanischen Staaten in die Hunderttausende. Die Ausbreitung von Krankheiten wie Malaria und Dengue-Fieber hängt heute weniger mit den Temperaturen als vielmehr mit der Armut zusammen.

27. Sterben die Eisbären aus?

Szenarien über aussterbende Eisbären basieren auf einer Bärenpopulation in der westlichen Hudson Bay. Die ist um ein Viertel geschrumpft – und diese Entwicklung wird in die Zukunft hochgerechnet. Wie sieht es aber mit der Art insgesamt aus? Von 13 kanadischen Eisbär-Populationen sind elf stabil oder nehmen sogar zu. Naturschutzexperten haben erst in den 1940er Jahren angefangen, sich für den Stand der Tiere zu interessieren. Um den globalen Gesamtbestand eines Wildtieres zu ermitteln, werden in abgegrenzten Gebieten Stichproben erstellt, die man dann hochrechnet. Das Ergebnis beim Eisbären: 1950 gab es 5000 Exemplare, 1965 bis 1970 lag die Zahl bei 8000 bis 10000, 1984 bei 25000 und 2005 bei 20000 bis 25000.

Sollte es weiter wärmer werden, wäre dies für die Eisbären vermutlich auch kein großes Problem. Ursus maritimus ist eine evolutionär sehr junge Art, die sich aus dem Braunbären Ursus arctos entwickelt hat, mit dem sie sich bis heute kreuzen kann. In den Sommermonaten leben viele Eisbären in der schnee- und eisfreien Tundra und kommen dort auch gut zurecht. In der letzten Zwischeneiszeit vor 15000 bis 10000 Jahren waren die Temperaturen in der Arktis erheblich höher als heute, auch in der mittelalterlichen Warmzeit war das Nordmeer zu einem guten Teil eisfrei. Der Eisbär hatte sich damit offenbar arrangiert, schließlich ist er nicht erst vor Kurzem vom Himmel gefallen.

28. Verursacht die globale Erwärmung ein Artensterben?

Dass höhere Temperaturen zu einem Rückgang der Artenvielfalt führen, ist keine sonderlich plausible Prognose. Zwei einfache Befunde sprechen dagegen. Erstens nimmt die Artenvielfalt der Erde zum Äquator hin immer mehr zu. Die geringste Artenvielfalt herrscht an den Polen und in der Kälte der Hochgebirge, die höchste im tropischen Regenwald. Zweitens waren die Warmzeiten der Erdgeschichte immer die artenreichsten, während in den Eiszeiten die Vielfalt abnahm. Artenverluste in beträchtlichem Umfang hatten die Kaltzeiten (Glaziale) des Eiszeitalters (Pleistozän) gebracht – und nicht die Warmzeiten dazwischen. Nach Ansicht vieler Biologen wird es in nächster Zukunft vielmehr an der Erhaltung hinreichend großer Flächen der artenreichen Tropenräume liegen, ob und in welchem Umfang die globale Biodiversität verlorengeht.

29. Kann es auch wieder kälter werden?

Kein einziges der gegenwärtigen Klima-Modelle hält eine solche Entwicklung für möglich. Einige Klimaforscher sehen dies durchaus mit gemischten Gefühlen: Eine Abkühlung scheint derzeit zwar nicht sehr wahrscheinlich – sollte es aber dennoch dazu kommen, würde dies die aktuelle Klimaforschung in eine große Glaubwürdigkeitskrise stürzen. Auszuschließen ist das nicht. Denn auch folgendes Verhalten der Ozeane ist in keinem Klimamodell vorgesehen: Die oberen Wasserschichten haben in den Jahren 2003 bis 2005 ein Fünftel der Hitze verloren, die sie in den 50 Jahren zuvor aufgebaut hatten. In den letzten beiden Jahren erschien in anerkannten wissenschaftlichen Fachzeitschriften eine Reihe Studien von Astrophysikern, die in den nächsten Jahrzehnte mit dem Beginn einer Abkühlung aufgrund solarer Einflüsse rechnen.

30. Wie verlässlich sind Klimamodelle?

Die meisten Klimaforscher arbeiten heute mit so genannten »General Circulation Models« (GCM), was man mit »Kreislaufmodellen« übersetzen kann. Diese Simulationen gibt es für die Vorgänge in der Atmosphäre (AGCM) und den Ozeanen (OGCM); besonders aufwändig sind kombinierte Modelle (AOGCM). Werden dann noch weitere irdische Sphären wie die Geosphäre oder Biosphäre integriert und algorithmisch beschrieben, landet man schließlich bei »Erdsystem-Modellen« wie dem »Earth Simulator«, der seit 2002 im japanischen Yokohama existiert. Doch die versprochenen sensationellen Erkenntnisse über die künftige Erwärmung der Erdoberfläche sind bislang ausgeblieben. Selbst der Versuch, das Klima des vergangenen Jahrhunderts einigermaßen realistisch zu simulieren, gelang erst nach umfangreichen »Anpassungen«. Wichtige Klimaphänomene wie die zyklische Meerereswärmung El Niño wollten sich nicht einstellen. Die Computerspezialisten machen deshalb so genannte »Flusskorrekturen«: Sie »tunen« gewissermaßen das Modell, um es überhaupt zum Funktionieren zu bringen.

Für ein einfaches GCM der Atmosphäre werden die physikalischen und chemischen Naturgesetze, die geografische Beschaffenheit der Erde, ihre Umlaufbahn um die Sonne und vieles mehr als Formeln in den grauen Rechner gegeben. Das Elektronengehirn wird dann so lange getrimmt, bis es den Austausch von Luft und Wasser, die Sommer und Winter – also den Wetterkreislauf und die Klimaentwicklung – halbwegs vernünftig imitiert.

In den verbreiteten groben Modellen stellt eine ganze Region mit Bergen, Tälern und Gewässern eine Durchschnittsfläche mit gleicher Luftfeuchtigkeit, Luftverschmutzung, Temperatur und Wolkendecke dar. Die Atmosphäre wird in Quader aufgeteilt. Für jeden Kreuzungspunkt werden Temperatur, Feuchte, Wind und Luftdruck bestimmt. An den »Kreuzungen« des Gitters löst ein Computer beständig mehrere Dutzend Gleichungen und bildet so die Vorgänge des Klimas nach. Erwärmt sich etwa rechnerisch die Luft, steigt sie auf

und zieht von anderen Punkten Luft nach – Strömungen entstehen.

Das Problem: Selbst fundamentale Klimafaktoren wie die Wolkenbildung sind kaum verstanden – es gibt dafür schlichtweg keine Formel, die man in den Computer eingeben könnte. Syukuro Manabe von der Princeton University gilt als ein Nestor und Begründer der Klimamodellierung und weist genau auf dieses Defizit hin: Wenn in solch übergeordneten Fragen keine Fortschritte erzielt würden, dann nütze der beste Großrechner nichts.

Vergleichende Tests verschiedener Klimamodelle kommen immer wieder zu eher ernüchternden Ergebnissen. Eine Untersuchung unter Leitung des Gießener Physikers Armin Bunde, die 2002 in den angesehenen »Physical Research Letters« veröffentlicht wurde, trug die Überschrift »Klimamodelle schlechter als ihr Ruf«. So werde die »Erhaltungsneigung« des Wetters deutlich unterschätzt, wohingegen Trends, vor allem die globale Erwärmung, überschätzt würden.

Besonders gewagt sind jene Klima-Modelle, deren Protagonisten vorgeben, sogar unser regionales Klima für 50 oder 100 Jahre vorausberechnen zu können. 1991 gab es einen unerwarteten Realitätstest. Damals prophezeiten zahlreiche Klimaforscher eine Art nuklearen Winter für den Fall, dass Saddam im ersten Golfkrieg sämtliche Ölquellen anzünden würde. Das Computermodell der australischen Klimatologen von »CSIRO« präziserte: Schwarzer Rauch würde bis in 25 Kilometer Höhe aufsteigen und eine weiträumige regionale Kältewelle auslösen; möglicherweise würde der Monsun in Asien ausbleiben, und Millionen Menschen müssten verhungern. Dann zündete Saddam tatsächlich alle Quellen an. Es blieb jedoch bei einer leichten lokalen Abkühlung in Kuwait selbst, nur 150 Kilometer weiter waren die Temperaturen fast unverändert. Der Rauch stieg nicht 25, sondern »nur« fünf Kilometer auf, der Monsun in Asien kam und ging wie immer.

Die Computersimulationen sind durchaus eine technische und wissenschaftliche Leistung. Man kann damit die groben Folgen einzelner Veränderungen im Klimasystem abschätzen und Szenarien entwerfen, die in Verbindung mit den anderen Disziplinen und Methoden der Klimatologie zu einem verbesserten Verständnis des Klimas führen. Doch dürfen solche Szenarien nicht als Fakt genommen werden.

Dirk Maxeiner ist freier Publizist. Zusammen mit Michael Miersch verfasste er unter anderem die Bücher »Öko-Optimismus« und »Lexikon der »Öko-Irrtümer«. Im Jahr 2000 veröffentlichte Maxeiner als Co-Autor »Life Counts – eine globale Bilanz des Lebens«. »Öko-Optimismus« und »Life Counts« wurden jeweils als »Wissenschaftsbuch des Jahres« ausgezeichnet. Im Internet publiziert Maxeiner regelmäßig auf der Seite des Netzwerks »Die Achse des Guten« (www.achgut.de).

Können wir das Erdklima noch in den Griff bekommen? Schreiben Sie uns Ihre Meinung: entweder unter kontakt@pm-magazin.de – oder unter www.pm-magazin.de/forum

Im nächsten Heft: Kohlendioxid – wie wir das Treibhausgas wieder loswerden

Autor(in): Dirk Maxeiner

Weitere Links

Bekommen wir das Erdklima noch in den Griff?
<http://www.pm-magazin.de/forum>