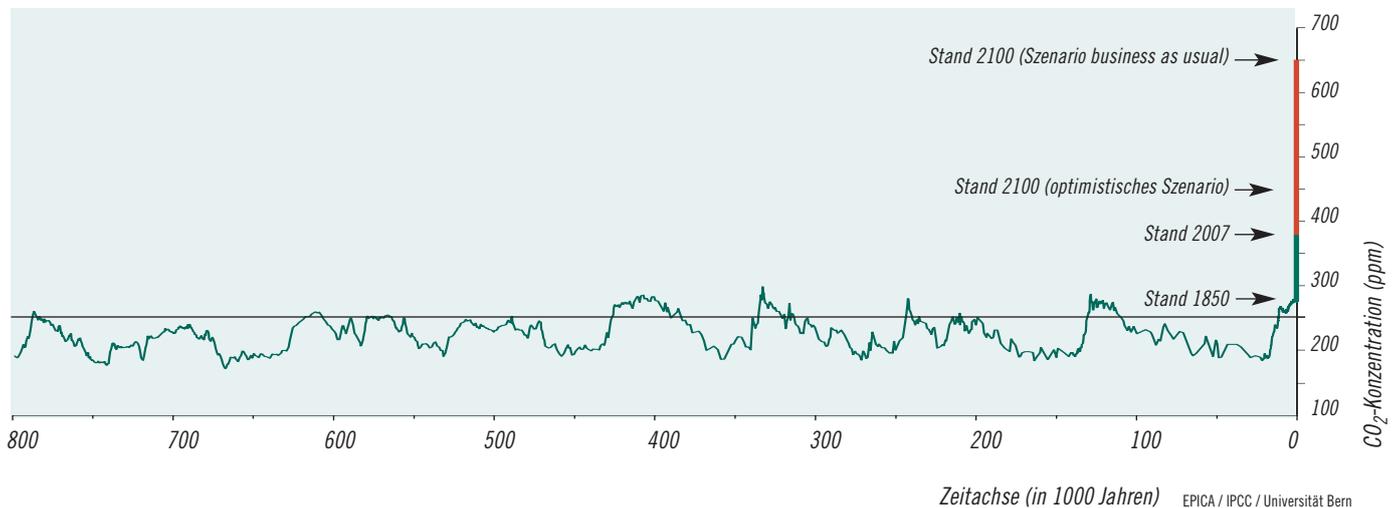


«Wer jetzt nicht handelt, verhält sich fahrlässig»

Um die globalen Auswirkungen der Klimaerwärmung auf ein tragbares Mass zu begrenzen, muss die Menschheit den Ausstoss an Treibhausgasen so rasch wie möglich reduzieren. Dies sagt der an der Universität Bern lehrende Klimaforscher Professor Thomas Stocker im Interview mit UMWELT. Er ist Mitglied des weltbekannten Fachgremiums IPCC, das im Auftrag der UNO die wissenschaftlichen Erkenntnisse zum Klimawandel auswertet und beurteilt.

CO₂-Konzentration der letzten 800 000 Jahre und der nächsten 100 Jahre



UMWELT: *In den 1980er-Jahren warnen Umweltwissenschaftler vor dem drohenden Verschwinden unserer Wälder. Heute gelten ihre Mahnungen der Klimaerwärmung. Was antworten Sie skeptischen Leuten, die der Forschung vorwerfen, sie übertreibe wieder einmal?*

Thomas Stocker: Als die Wissenschaft damals beim Waldsterben Alarm schlug, gab es tatsächlich ein Problem. Man sah die negativen Veränderungen im Wald, erkannte den Zusammenhang mit den hohen Luftschadstoff-Emissionen und setzte rasch wirksame Gegenmassnahmen zur Reduktion der Luftbelastung durch. Beim Wald sind wir allerdings mit einem äusserst komple-

xen Ökosystem konfrontiert, dessen Vielschichtigkeit von der Wissenschaft auch heute nicht ganz durchschaut wird. Zu jener Zeit bestand die verfügbare Datenbasis zudem einzig aus momentanen Beobachtungen.

Im Vergleich dazu ist die Situation bei der Klimadebatte aus wissenschaftlicher Sicht komfortabler: Zum einen können wir die Veränderungen weit in die Vergangenheit zurückverfolgen, und zwar mit einer weltweit guten Abdeckung. Zum anderen untersuchen wir hier ein primär physikalisches System. Das Klima und sein Verhalten lassen sich mit Gleichungen aus der klassischen Physik beschreiben. Mit

Hilfe von Bilanzen der Masse, des Impulses und der Energie kann die Forschung ihre Schlüsse zahlenmässig untermauern. Damit können wir auch mit relativ grosser Zuverlässigkeit abschätzen, was bei einem weiteren Anstieg der Treibhausgase in der Atmosphäre auf uns zukommt.

Noch in den 1970er-Jahren rechneten etliche Klimafachleute mit einer globalen Abkühlung. Wie ist dies zu erklären?

Wenn Sie den Temperaturverlauf in den letzten 100 Jahren betrachten, ist es tatsächlich so, dass die Kurve in den Industrieländern von 1910 bis 1940

Fortsetzung Seite 22

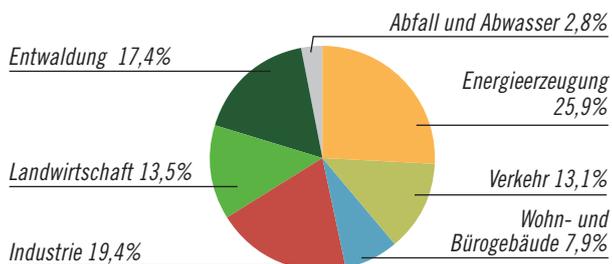
Professor Thomas Stocker ist Experte für Klima- und Umwelphysik an der Universität Bern und ein führendes Mitglied des Fachgremiums IPCC. Wie seine Analysen eines Eisbohrkerns aus der Antarktis belegen, steigt die atmosphärische CO₂-Konzentration heute etwa 100-mal schneller an als je zuvor in den letzten 800000 Jahren.



Ben Huggler

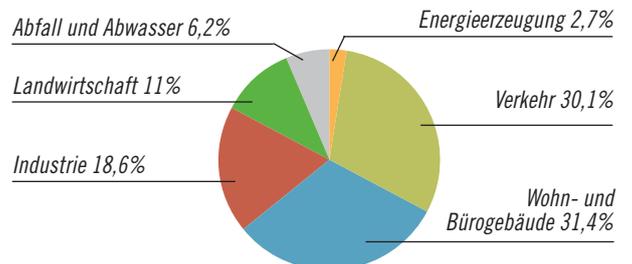
Grafik linke Seite: Die Kohlendioxid-Konzentration der Atmosphäre hat einen entscheidenden Einfluss auf den Wärmehaushalt der Erde. So stehen Warm- und Eiszeiten in einem engen Zusammenhang mit dem CO₂-Gehalt. In den vergangenen 800000 Jahren war dieser Wert noch nie so hoch wie heute. Um gravierende Störungen des Weltklimas zu verhindern, sollte die CO₂-Konzentration nicht über 450 ppm steigen.

Quellen für Treibhausgase weltweit (2004)



IPCC

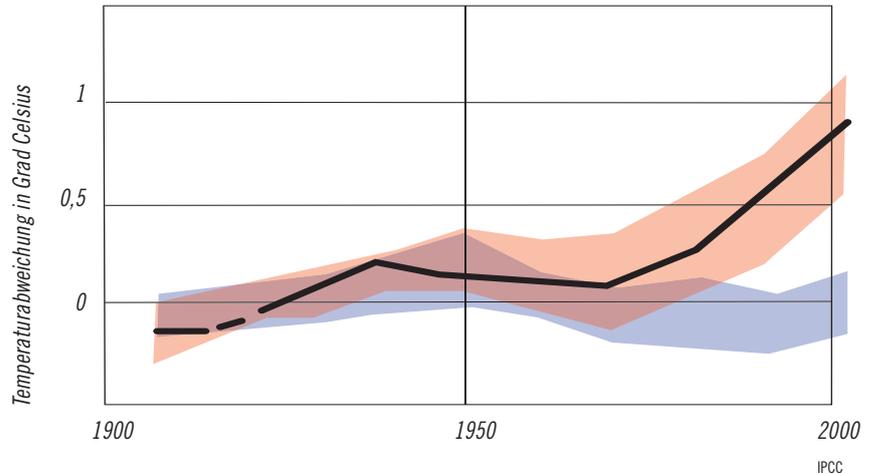
Quellen für Treibhausgase Schweiz (2006)



BAFU

Allein mit natürlichen Schwankungen lässt sich die seit ungefähr 1970 anhaltende Zunahme der weltweiten Durchschnittstemperatur nicht mehr erklären. Für die immer deutlichere Abweichung vom Mittelwert der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts kommen deshalb nur menschliche Einflüsse in Frage.

Klimamodelle, die natürliche und menschliche Einflüsse berücksichtigen ■
 Klimamodelle, die nur natürliche Einflüsse berücksichtigen ■
 Gemessene Temperatur —



steigt und dann bis in die 1970er-Jahre sinkt. Diese Feststellung wurde damals mit der Beobachtung von Geologen kombiniert, wonach die Warmzeiten mit rund 10000 Jahren immer sehr viel kürzer sind als die etwa 80000 Jahre dauernden Eiszeiten. Weil die gegenwärtige Warmzeit ungefähr vor 10000 Jahren begonnen hat, folgerte man, nun stehe uns die nächste Eiszeit bevor. Unberücksichtigt blieb dabei jedoch die ab den 1950er-Jahren stark zunehmende Luftbelastung durch den steigenden Verbrauch fossiler Brenn- und Treibstoffe. Dadurch stieg unter anderem die Schwefelbelastung massiv an. Die sich in der Atmosphäre bildenden Sulfatteilchen werfen einen Teil der Sonnenstrahlung zurück und haben damit eine abkühlende Wirkung. Aufgrund gravierender Probleme durch den sauren Regen und die gesundheits-schädigende Luftverschmutzung in den Städten gab es nach 1980 grosse Anstrengungen zur Entschwefelung der fossilen Energieträger und der Rauchgase. Damit fiel natürlich auch der kühlende Effekt dieser Schadstoffe weg.

Seit wann befasst sich die Wissenschaft mit den Veränderungen des Klimas?

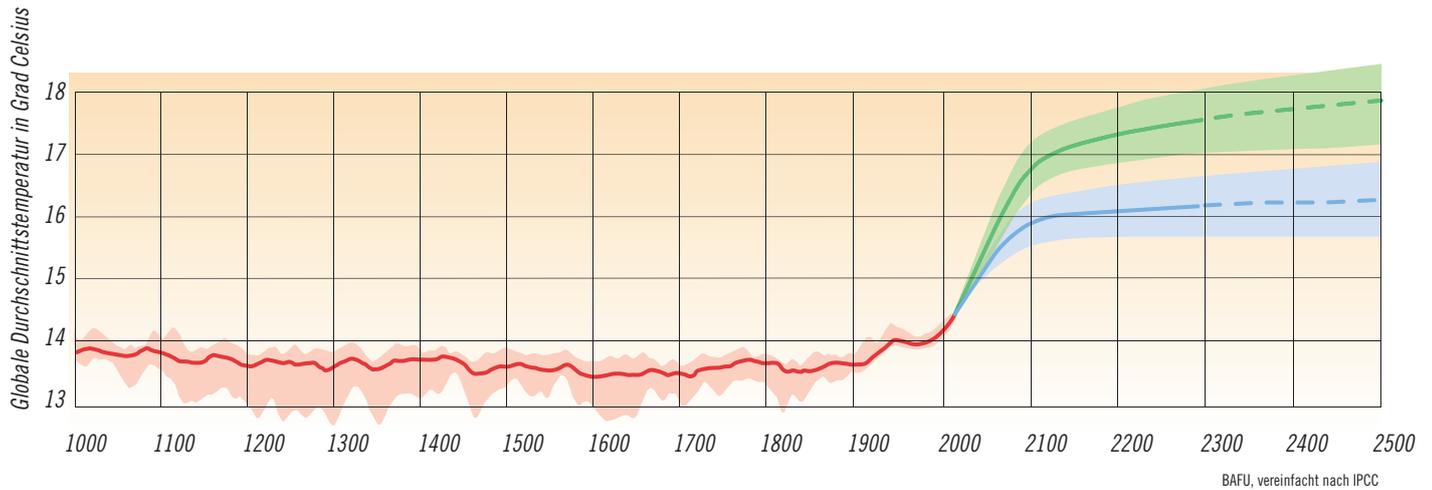
Dass Wasserdampf, Kohlendioxid und Methan als wichtigste Treibhausgase die Wärme in der Atmosphäre zurückhalten, ist bereits seit dem 19. Jahrhundert bekannt. Ende der 1950er-Jahre warnten Wissenschaftler erstmals vor der künftigen Klimaentwicklung, weil sie den steilen Anstieg der Emissionen von Kohlendioxid (CO₂) aus dem Verbrauch fossiler Brenn- und Treibstoffe erkannten. Zehn Jahre später wurden diese Warnungen durch die Ergebnisse der sogenannten Hawaii-CO₂-Kurve bestätigt. Weitab von Strassen und Industriebetrieben hatte der amerikanische Forscher David Keeling 1958 auf dem Vulkan Mauna Loa eine Station zur dauernden Messung des CO₂-Gehalts in der Luft errichtet. Schon bald zeigte sich hier der Trend eines stetigen Anstiegs. Für die Politik war dies damals natürlich noch kein Thema.

Könnten nicht auch natürliche Klimaschwankungen der Grund für den gegenwärtigen Temperaturanstieg sein?

Es ist unbestritten, dass es natürliche Einflussfaktoren gibt und auch in Zukunft geben wird – so etwa Schwankungen der Sonnenaktivität oder Vulkanausbrüche. Ohne den Anstieg der Treibhausgase und die Erhöhung der Staubbelastung in der Atmosphäre lässt sich das Klimageschehen der letzten 30 Jahre jedoch nicht erklären. Zwischen 1750 und Ende 2007 haben die CO₂-Konzentrationen in der Luft um über 37 Prozent von 280 auf 385 ppm zugenommen. Dies ist der höchste Wert in den vergangenen 800000 Jahren.

Wenn wir die letzten 150 Jahre betrachten, für die weltweit zuverlässige Temperaturmessungen vorliegen, sind die zwölf wärmsten Jahre alle nach 1990 aufgetreten. Wir hatten den Rekordsommer 2003, und es gibt keinen Hinweis darauf, dass es in den letzten 500 Jahren schon einmal dermassen heiss war.

Der jüngste IPCC-Bericht beziffert den bisherigen Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur seit 1900 auf 0,76 Grad Celsius. Weshalb fordert die Klima-



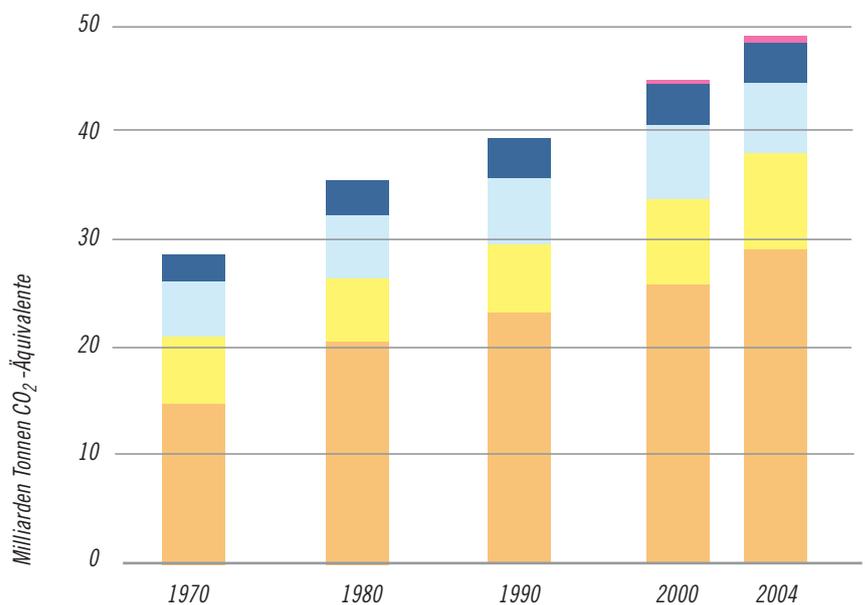
In den vergangenen 1000 Jahren hat die globale Durchschnittstemperatur aufgrund von natürlichen Faktoren in einer Bandbreite von 1°C variiert. Bedingt durch die vom Menschen verursachte Klimaerwärmung kommt es heute zu einem sehr raschen Temperaturanstieg. Die Zunahme um 0,76°C seit 1900 ist bereits zum grossen Teil durch den Ausstoss von Treibhausgasen und Waldrodungen verursacht. Der breite Einsatz von umwelt- und ressourcenschonenden Technologien könnte die Erwärmung gegenüber heute auf 2 Grad (blaue Kurve) begrenzen, wie Emissionsszenarien zeigen. Ohne diesen Technologiesprung droht langfristig ein Anstieg um 4 Grad (grüne Kurve) oder mehr.

wissenschaft angesichts dieser relativ un-spektakulären Erwärmung unverzügliche Gegenmassnahmen?

Unser Klimasystem zeichnet sich durch eine grosse Trägheit gegenüber Veränderungen im Positiven wie im Negativen aus – der Bremsweg ist also lang. Was wir gegenwärtig unternehmen, ist unter anderem für die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts entscheidend. Dies hängt mit der langen Verweildauer der Treibhausgase in der Atmosphäre zusammen, die etwa beim Kohlendioxid 50 bis 200 Jahre beträgt. Unabhängig von den heute getroffenen Massnahmen wird sich das weltweite Klima als Folge der Treibhausgas-Emissionen in der Vergangenheit somit weiter erwärmen. Derzeit besteht immerhin noch die Möglichkeit, die mittlere Temperaturerhöhung auf 2 Grad Celsius zu begrenzen. Doch bereits diese Erwärmung wird in einzelnen Regionen schwere Klimaveränderungen nach sich ziehen und beispielsweise zu einem weiteren Anstieg des Meeresspiegels führen. Treten wir nicht rasch genug auf die Bremse, ist

Zwischen 1970 und 2004 hat der weltweite Ausstoss an Treibhausgasen um über 20 Milliarden Tonnen auf nahezu 50 Milliarden Tonnen CO₂-Äquivalente zugenommen. Davon stammen fast 60 Prozent aus der Verbrennung von Erdöl, Kohle und Erdgas.

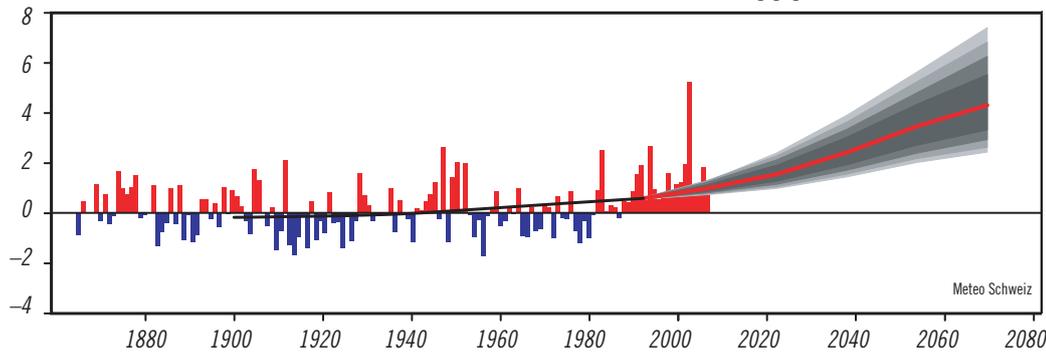
- CO₂ aus fossilen Energieträgern und Zementwerken
- CO₂ aus Entwaldung und Bodenzersetzung
- Methan aus Landwirtschaft, Energienutzung und Abfalldeponien
- Lachgas aus Landwirtschaft und Industrie
- Synthetische Gase aus Industrie und Konsumgütern



IPCC

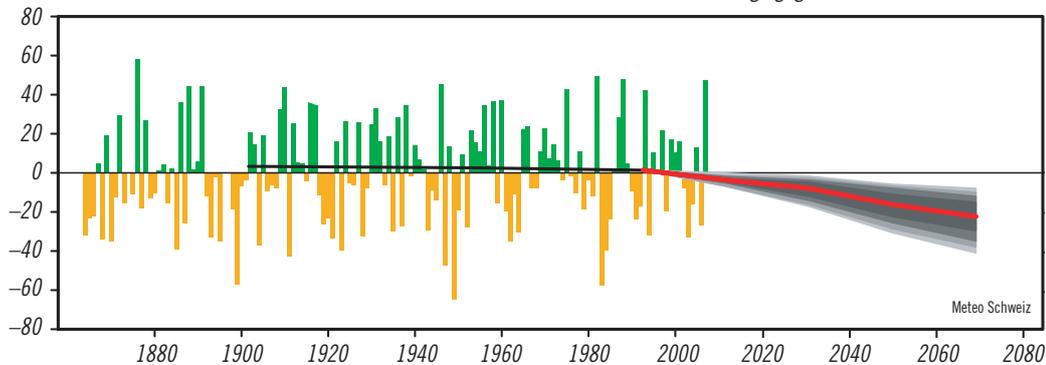
Abweichung in Grad Celsius

Sommertemperaturen in Zürich:
Erwärmung gegenüber der Norm 1961–1990



Abweichung in Prozent

Sommerniederschläge in Zürich:
Abnahme der Niederschläge gegenüber der Norm 1961–1990



Klimaszenario 2050

Jährliche Abweichungen der mittleren Temperaturen (oben) und Niederschläge (unten) während der Sommermonate in Zürich zwischen 1864 und 2007, gemessen am Durchschnitt der Periode 1961 bis 1990. Seit etwa 1980 bestätigen die Messungen den Trend einer zunehmenden Erwärmung, wie sie die Klimamodelle voraussagen. Dagegen lässt sich die prognostizierte Abnahme der Sommerniederschläge anhand der bisherigen Messdaten noch nicht nachweisen.

auch eine globale Erwärmung um 4 Grad Celsius denkbar – mit entsprechend gravierenderen Auswirkungen. Sofern die Staatengemeinschaft nichts gegen den weltweit nach wie vor zunehmenden Ausstoss an Treibhausgasen unternimmt, könnte sich die Temperatur im globalen Mittel sogar um mehr als 6 Grad erhöhen. Die Schweiz wäre davon mit 8 bis 10 Grad übermässig betroffen, und die Gebiete des hohen Nordens müssten mit einem Anstieg um deutlich über 10 Grad rechnen.

Wie beurteilen Sie die technischen Möglichkeiten zur Beeinflussung des Klimas, etwa durch die gezielte Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre?

Diese grosstechnischen Massnahmen setzen nicht bei der Ursache an, sondern bekämpfen letztlich nur die Symptome. So wird etwa vorgeschlagen, die

Ozeane zu düngen. Weil Laborversuche zeigen, dass mit Eisenpulver gedüngte Algen schneller wachsen, hofft man, die Wasserpflanzen könnten dadurch mehr CO₂ aufnehmen und das Treibhausgas nach ihrem Absterben in Form von gebundenem Kohlenstoff auf dem Meeresgrund ablagern. Damit dies funktioniert, müssten Jahr für Jahr enorme Mengen an Eisenpulver in die Weltmeere eingetragen werden.

Eine weitere Idee besteht darin, den kühlenden Effekt grosser Vulkanausbrüche zu erzeugen, indem Schwefel in die hohe Atmosphäre verfrachtet wird, was die globale Temperatur für eine beschränkte Zeit um 0,2 bis 0,3 Grad Celsius senken könnte. Mit einem solchen massiven Eingriff, dessen ökologische Auswirkungen gar nicht in ihrer ganzen Tragweite absehbar sind, würden wir uns unter anderem auch das Problem

des sauren Regens wieder einhandeln. Die Rede ist auch von Filteranlagen, die CO₂ aus der Luft entfernen sollen, um es dann im Boden zu versenken. Volkswirtschaftlich betrachtet kommt uns die Umstellung auf klimaverträgliche Verfahren, Güter und Dienstleistungen aber mit grosser Wahrscheinlichkeit günstiger zu stehen als alle diese Formen des Geo-Engineerings (siehe Kasten Seite 38).

Wäre es nicht billiger, sich dem Klimawandel anzupassen, statt ihn um jeden Preis zu verhindern?

Das Ende des Erdölzeitalters ist ohnehin absehbar. Es handelt sich beim Öl ja um eine begrenzte Ressource, deren Preis seit Jahren laufend steigt. Die starke Abhängigkeit von einem einzelnen Rohstoff stellt auch aus wirtschaftlicher

Fortsetzung Seite 26



Wichtigste Auswirkungen der Klimaerwärmung im 21. Jahrhundert in den biogeografischen Regionen Europas

Tundragebiete

Auftauen des Permafrosts, Abnahme der Tundraflächen, Zunahme der Küstenerosion und von Überschwemmungen.

Boreale Region

Stauässe, Nährstoffübersättigung von Seen und Feuchtgebieten, Zunahme der Küstenerosion und von Überschwemmungen, Zunahme des Risikos für Winterstürme, verkürzte Skisaison.

Zentraleuropa und osteuropäisches Tiefland

Häufigere und grössere Winterhochwasser, grössere Schwankungen der Ernteerträge, Zunahme der Gesundheitsschäden durch Hitzewellen, schwerwiegende Brände in entwässerten Torfgebieten.

Atlantische Region

Zunahme der Küstenerosion und von Überschwemmungen, Druck auf Meeresökosysteme; Verlust von Lebensräumen, Intensivierung des Tourismus an Küsten, Zunahme des Risikos für Winterstürme und der Verletzlichkeit der Transportsysteme.

Gebirgsregionen

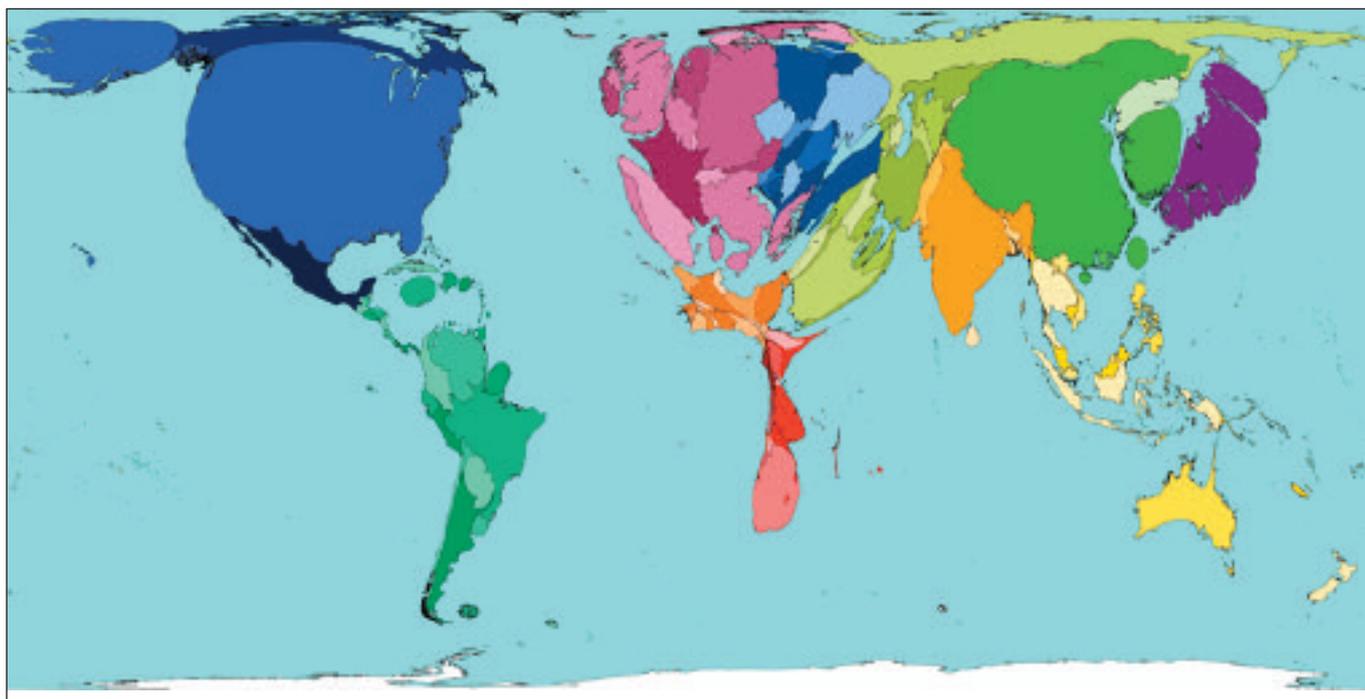
Gletscherschwund, Abnahme der Dauer der Schneebedeckung, verkürzte Skisaison, Anstieg der Waldgrenze, schwerwiegender Artenverlust, Zunahme von Steinschlag.

Mediterrane Region

Abnahme geeigneter Ackerbauflächen, der Wasserverfügbarkeit, des Sommertourismus, der Energieerzeugung aus Wasserkraft; Zunahme von Dürreperioden, von Waldbränden, der Energienachfrage im Sommer, des Landverlusts in Mündungsgebieten, des Salzgehalts und der Nährstoffübersättigung von Küstengewässern und der Gesundheitsschäden durch Hitzewellen; schwerwiegender Artenverlust.

Steppengebiete Osteuropas

Abnahme der Ernteerträge, Zunahme der Bodenerosion und des Salzgehalts der Binnenmeere, Meeresspiegelanstieg.



www.worldmapper.org

Diese verzerrte Darstellung der Kontinente bildet die einzelnen Länder nicht nach ihrer effektiven Fläche ab, sondern nimmt den Anteil am globalen Ausstoss der wichtigsten Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Lachgas im Jahr 2002 als Massstab. Vor allem die Grosse mittlen USA, Westeuropa und Japan werden dadurch stark aufgebläht, während insbesondere Afrika auf einen Bruchteil seiner tatsächlichen Grösse schrumpft.

Sicht eine Gefahr dar. Schon deshalb müssen wir Innovationen vorantreiben, um von den fossilen Energien wegzukommen.

Ohne diese Trendumkehr werden die weltweiten Klimaschäden enorm sein. Allein der Anstieg des Meeresspiegels betrifft Millionen von Menschen in den dicht besiedelten Küstengebieten. Die grösste Herausforderung liegt in der Veränderung des globalen Wasserkreislaufs, denn Einschränkungen der Verfügbarkeit von Wasser bergen ein extrem hohes Konfliktpotenzial. Auch dem Alpenland Schweiz droht eine übermässige Erwärmung mit erheblichen Folgen: So dürfte vielerorts der Schnee ausbleiben, es wird weniger Wasser verfügbar sein, und die Gletscher verschwinden. Es wäre verrückt, dies einfach tatenlos zuzulassen.

Was kann und soll die Menschheit denn gegen den Klimawandel unternehmen?

Wenn wir nichts tun, nehmen wir langfristig Klimaschäden in Kauf, die im Extremfall bis zu 20 Prozent der globalen Wirtschaftsleistung erreichen könnten – etwa als Folge von klimabedingten Naturkatastrophen oder Ertragsausfällen in der Landwirtschaft und in anderen Wirtschaftsbereichen. Will die Staatengemeinschaft diese Kosten im Griff behalten, muss sie ein ehrgeiziges Klimaziel verfolgen und heute mit der Umstellung auf klimaverträglichere Energieformen beginnen. Die im vierten Klimabericht des IPCC aus dem Jahr 2007 zusammengetragenen Informationen waren in ihren Grundzügen bereits vor 20 Jahren bekannt. Man hätte also schon damals Massnahmen ergreifen können. Inzwischen ist das Klimaziel einer Erwärmung um höchstens 2 Grad Celsius zwar nicht unerreichbar, mutet aber sehr ehrgeizig an. Doch es gibt keine taugliche Alternative. Wir müssen dieses Ziel erreichen

und deshalb umgehend die erforderlichen Klimaschutzmassnahmen treffen. Wer jetzt nicht handelt, verhält sich fahrlässig und verpasst nicht zuletzt die Schaffung innovativer Arbeitsplätze.

■ Interview: Lucienne Rey

Dieser Artikel online mit weiterführenden Links und Literaturangaben:
www.umwelt-schweiz.ch/magazin2008-3-03.

INFOS

José Romero, Chef
 der Sektion Rio-Konventionen
 BAFU
 Tel. 031 322 68 62
jose.romero@bafu.admin.ch

