

Der globale und regionale Klimawandel: Ursachen, Herausforderungen und Chancen



Wolfgang Seiler

Der globale und regionale Klimawandel

Es besteht kein Zweifel mehr daran, dass sich das globale Klima seit der Industrialisierung vor ca. 140 hundert Jahren merklich geändert hat. Dieser Klimawandel vollzieht sich auf der regionalen Ebene unterschiedlich und ist mit erheblichen ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen verbunden. Dieser Klimawandel ist auch in Deutschland deutlich zu erkennen, so u. a. am Rückgang der Gletscher in den Alpen, dem veränderten Zugverhalten der einheimischen Zugvögel, dem immer früheren Austrieb der Pflanzen im Frühjahr, der Invasion nichtheimischer Pflanzen und Schädlinge, der sich ändernden Artenvielfalt, aber auch an der Zunahme von meteorologischen Extremereignissen, die mit erheblichen Folgen, wie u.a. Überschwemmungen und zunehmende Dürre- und Hitzeperioden, verbunden sind.

Überraschend ist allerdings, dass der Klimawandel mit seinen Folgen erst in den letzten beiden Jahren in den Mittelpunkt der öffentlichen Diskussion gelangt, obwohl dieses Thema bereits gegen Ende der 80er-Jahre in der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestags »Schutz der Erdatmosphäre« ausführlich behandelt wurde und die Ergebnisse in der Schriftenreihe der Bundestags veröffentlicht sind. Auch wird vielfach vergessen, dass der Deutsche Bundestag bereits im Jahr 1991 einstimmig beschlossen hatte, den CO₂-Ausstoß in Deutschland um 25 % (bezogen auf das Jahr 1990) bis zum Jahr 2005 zu reduzieren, wir von diesem Ziel aber weit entfernt sind. Ausschlaggebend für die im letzten Jahr erfolgte Kehrtwende auf der internationalen politischen Bühne waren zweifelsfrei die im gleichen Jahr publizierten Ergebnisse von Untersuchungen des früheren Chefökonom der Weltbank, *Niclas Stern*, der in dem nach ihm benannten Bericht unzweifelhaft dargelegt hat, dass die Kosten für eine Anpassung an die Folgen des Klimawandels erheblich höher sind als die Kosten zur Vermeidung dieses Klimawandels.

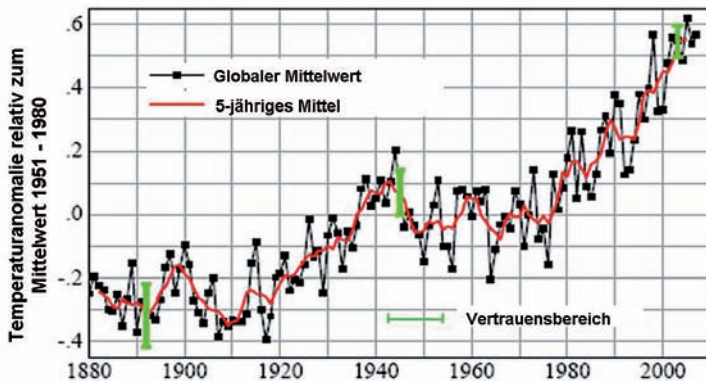


Bild 1: Zeitliche Entwicklung der globalen Jahresmitteltemperaturen an der Erdoberfläche zwischen 1860 und 2007. Dargestellt ist die Abweichung der globalen Jahresmitteltemperatur vom Mittelwert über den Zeitraum zwischen 1951 und 1980.

Bestes Indiz für den derzeit stattfindenden globalen Klimawandel ist die Veränderung der globalen Temperatur, die in der unteren Troposphäre seit Beginn der globalen Temperaturmessungen im Jahr 1860 im globalen Mittel um ca. $0,9^{\circ}\text{C}$ zugenommen hat (Bild 1). Besorgniserregend ist dabei die Tatsache, dass sich die Zunahme der bodennahen Temperatur in den letzten 40 Jahren beschleunigt und laufend zu neuen Rekorden geführt hat. Mehr als die Hälfte der in den letzten 140 Jahren gemessenen Temperaturerhöhung ist im Zeitraum zwischen 1970 und 2007 erfolgt. Die 8 wärmsten Jahre wurden im Zeitraum nach 1998 mit einem Maximum im Jahr 2005 beobachtet. Die Temperatur in 2007 liegt nur knapp unter diesem Maximum, obwohl dieses Jahr durch ein La Nina Ereignis geprägt war und deshalb erheblich niedrigere Temperaturen erwartet worden waren.

Die Zunahme der globalen Temperatur von ca. $0,9^{\circ}\text{C}$ erscheint auf den ersten Blick als relativ unbedeutend. Sie gewinnt aber an Bedeutung, wenn berücksichtigt wird, dass die Temperatur zwischen den Warmzeiten und Eiszeiten in den letzten 2-3 Millionen Jahren unserer Erdgeschichte gerade einmal um 4 bis 5°C geschwankt hat. Hinzu kommt, dass wegen der Trägheit unseres Klimasystems erst ein Teil des durch den Menschen bereits verursachten Klimawandels wirksam geworden ist, d. h. nach derzeitigem Kenntnisstand eine weitere Temperaturzunahme um nochmals ca. $0,5^{\circ}\text{C}$ selbst bei Berücksichtigung aller möglichen Klimaschutzmaßnahmen in den nächsten Jahren wirksam werden wird. Ein weiterer Klimawandel in den nächsten 30 bis 50 Jahren ist deshalb

nicht mehr vermeidbar, sondern nur noch auf einen tolerierbaren Wert zu begrenzen, wobei hierzu umfangreiche Klimaschutzmaßnahmen erforderlich sind.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass sich die Klimadiskussion in der Öffentlichkeit nahezu ausschließlich auf die Veränderungen der Temperaturen konzentriert, aber vielfach die durch den Klimawandel verursachten Änderungen der Niederschlagsmengen und der Niederschlagsintensitäten unberücksichtigt lässt, obwohl gerade diese im Hinblick auf die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels eine dominante Rolle spielen und für viele der mit der Klimaänderung zusammenhängenden Schäden verantwortlich sind. Insgesamt hat die Niederschlagsmenge in den letzten 100 Jahren aufgrund der höheren Temperaturen und der damit zusammenhängenden höheren Verdunstung um ca. 7 % zugenommen (Bild 2). Allerdings sind dabei erhebliche regionale Unterschiede zu verzeichnen. Während in Gebieten wie z. B. in der Sahel-Zone die mittleren Niederschläge stark abgenommen haben, sind sie in anderen Gebieten angestiegen. Werden kürzere Zeitabstände betrachtet, erhöht sich die Heterogenität der regionalen Niederschlagsverteilung um ein Vielfaches.

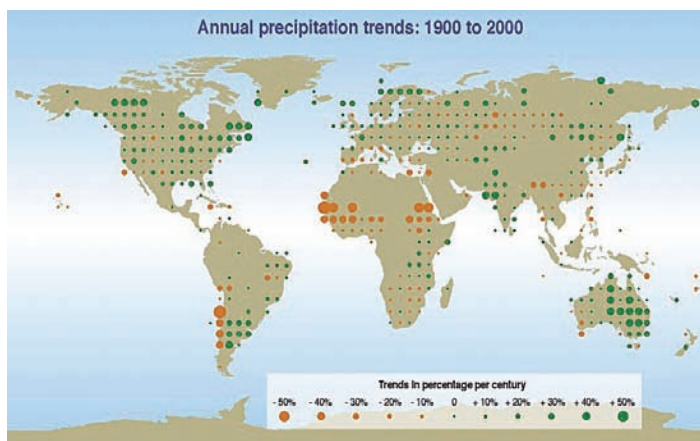


Bild 2: Trend der jährlichen Niederschlagsverteilung in den letzten 100 Jahren. Grüne Punkte bedeuten eine Zunahme, rote Punkte eine Abnahme der Niederschlagsmengen.

Die Anzahl der weltweiten und durch den Klimawandel verursachten Naturkatastrophen hat in den letzten Jahrzehnten sehr stark zugenommen und immer wieder neue Rekorde erreicht (Bild 3). Die wesentlichen Ursachen dafür sind die Überschwemmungen, die Dürren, die Stürme und was neuerdings sehr viel Sorgen bereitet, die Ausbreitung von Epidemien, hier insbesondere von tro-

pischen Krankheiten wie Malaria und Dengue-Fieber, die heute in Gebieten auftreten, in denen bisher solche tropischen Krankheiten unbekannt waren. Die durch den Klimawandel verursachten volkswirtschaftlichen Schäden sind extrem angestiegen. Allein für das Jahr 2005 wurden die Schäden auf mehr als 250 Milliarden US Dollar abgeschätzt, wobei diese Zahl aufgrund vieler in der Statistik nicht erfasster Schäden nur eine untere Grenze darstellt. Von noch größerer Tragweite ist der Tatbestand, dass immer mehr Menschen ihre Heimat aufgrund der Folgen des Klimawandels verloren haben. Nach Angaben des Umweltsekretariats der Vereinten Nationen (UNEP) hat die Anzahl von Klimaflüchtlingen in 2002 mehr als 20 Millionen mit stark steigender Tendenz betragen.

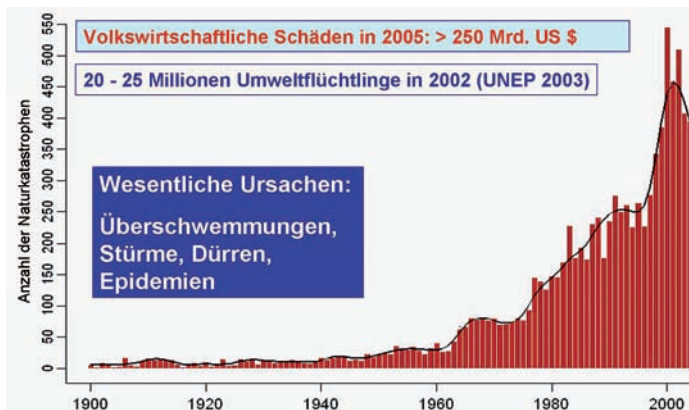


Bild 3: Zeitliche Zunahme der Naturkatastrophen von 1900 bis 2005 (Universität Catholique de Louvain, Brüssel (Belgien))

Bayern ist vom Klimawandel nicht unberührt geblieben. Insgesamt hat in Bayern die mittlere Jahrestemperatur in den letzten 120 Jahren um ca. 2°C zugenommen. Der Klimawandel ist damit in Bayern doppelt so schnell erfolgt als im globalen Mittel. Im Gegensatz zur Temperatur haben sich die Jahresniederschlagsmengen im gleichen Zeitraum nicht wesentlich verändert. Allerdings wird in den letzten 40 Jahren eine saisonale Umverteilung der Niederschlagsmengen beobachtet. Während die Niederschlagsmengen im Winter/Frühjahr um etwa 20-30 % angestiegen sind, haben sie im Sommer generell um ca. 20 % abgenommen. Durch orographische Effekte können diese Werte in einzelnen Regionen noch überschritten werden.

Die Auswirkungen des Klimawandels sind auch in Bayern deutlich zu erkennen. So erfolgen der Vegetationsaustrieb und die Baumblüte heute in Süddeutschland 2 bis 4 Wochen früher als noch vor 20 Jahren. Die Ernten haben sich um

bis zu 4 Wochen zum Jahresbeginn verschoben. Zusätzlich sind neue Pflanzen- und Tierarten in vermehrtem Umfang eingewandert und haben die heimischen Arten verdrängt. Stechmücken wie Anopheles und die Tigermücke, die verantwortlich für die Übertragung von Malaria und Dengue-Fieber sind, werden in Deutschland schon wieder angetroffen. Dieser schnelle Klimawandel ist auch mit erheblichen Biodiversitätsverlusten verbunden, weil viele Pflanzenarten der Geschwindigkeit des Klimawandels nicht folgen können und durch die sich ändernden Wachstumsbedingungen überrollt werden.

Die Schneefallgrenze ist in den Mittelgebirgen und in den Alpen im gleichen Zeitraum um mehr als 200 m angestiegen und hat zusammen mit der saisonalen Verschiebung der Niederschlagsverteilung bereits zu erheblichen Problemen im Wintertourismus bei vielen niedrig gelegenen Wintersportorten geführt. Das Volumen der in den Alpen vorhandenen Gletscher ist in den letzten 100 Jahren um ca. 50 % geschrumpft (*Bild 4*). Da die Abschmelzung der Gletscher mit einer zeitlichen Verzögerung gegenüber dem Klimawandel erfolgt, ist ein weiterer Rückgang der Gletscher bis hin zu einem völligen Verlust der niedrig gelegenen Gletscher mit allen damit zusammenhängenden Folgen nicht mehr zu vermeiden.



Bild 4: Rückgang des Gepatsch-Ferners (Tirol); links Aufnahme aus dem Jahr 1904, rechts Aufnahme vom gleichen Standort in 2004

Gleichzeitig haben die meteorologischen Extremereignisse wie Stürme und Starkniederschläge zugenommen und zu erheblichen Schäden geführt. Allein in den letzten 10 Jahren sind in Bayern drei Jahrhunderthochwasser-Ereignisse (1999, 2002 und 2005) aufgetreten, wobei das Hochwasser in 2005 als Jahr-

tausendereignis bezeichnet wird, das mit Schäden in den Alpenländern in der Höhe von mehr als 3 Milliarden Euro verbunden war. Stürme wie Lothar und Kyrill haben eine Bahn der Verwüstung hinterlassen und in den Wäldern mehr Holz geworfen als im ganzen Jahr unter normalen Umständen geerntet worden ist. Auch die Dürre- und Hitzeperioden, wie z. B. in 2003, sind immer häufiger und intensiver geworden und haben erhebliche Schäden in der Land- und Forstwirtschaft verursacht und waren ebenso Ursache für erhebliche gesundheitliche Probleme. Besonders betroffen waren Menschen mit Herz-Kreislauf-Problemen, die sehr empfindlich auf Hitzeperioden mit ansteigenden Maximaltemperaturen reagieren. Allein im Sommer 2003 sind durch die Hitzeperiode mehr als 35 000 Tote zu beklagen gewesen. Die Wassertemperaturen haben im Sommer in einigen Flüssen in den letzten Jahren so hohe Werte erreicht, dass große Kraftwerke nicht mehr über die ausreichende Kühlung verfügten und deshalb ihre Leistung um bis zu 50 % drosseln mussten.

Die Ursachen der Klimaänderung

Ein monokausaler Zusammenhang zwischen Ursache und Klimaänderung ist wegen der Vielzahl der an der Klimaentwicklung beteiligten natürlichen und menschlichen Prozesse nicht zu erwarten. Es gilt aber als gesichert, dass der in den letzten 100 Jahren beobachtete Klimawandel im Wesentlichen auf den Menschen und seine vielfältigen Aktivitäten zurückgeht. Natürliche Ursachen, so u.a. die Schwankung der Sonnenstrahlung, sind nach gängiger Auffassung für weniger als etwa 30 % des beobachteten Klimawandels verantwortlich. In den letzten 30 Jahren ist die Intensität der Sonnenstrahlung sogar rückläufig, obwohl gerade in diesem Zeitraum die Klimaänderung besonders ausgeprägt war. Die Änderungen der Planetenbahnen sind zwar für den stetigen Wechsel zwischen den Eiszeiten und Warmzeiten mit Zeitabständen von ca. 120 000 Jahren verantwortlich, sind aber für den Klimawandel der letzten 100 Jahre unbedeutend.

Wesentliche Ursachen für den beobachteten Klimawandel sind nach heutigem Kenntnisstand die sich durch Rodung und Bebauungen ändernden Rückstrahlung der Erdoberfläche (Albedo) sowie in einem noch stärkeren Umfang der Anstieg der Konzentrationen der Treibhausgase, wie z. B. von Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Distickstoffoxid (N_2O), Ozon (O_3) und neuerdings der Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) sowie der Aerosole in der Atmosphäre. Die zuvor aufgeführten Treibhausgase absorbieren die von der Erdoberfläche abgegebene Wärmestrahlung und verursachen damit eine Erhöhung der Temperatur in der bodennahen Luftschicht. Würde die Erdatmosphäre diese Spurengase nicht enthalten, würde sich am Boden hypothetisch eine Temperatur von etwa -18°C einstellen. In Wirklichkeit liegt die mittlere globale Temperatur

in der bodennahen Luftschicht heute aber bei +16°C, also um 34°C über diesem hypothetischen Wert. Diese Temperaturdifferenz macht deutlich, dass Veränderungen der Konzentrationen der klimarelevanten Spurengase zu einem Anstieg der bodennahen Temperatur und damit zu einem Klimawandel führen müssen.

Das wichtigste Treibhausgas ist das CO₂, das für etwa 75 % des globalen Treibhauseffekts verantwortlich ist. Die Klimaschutzmaßnahmen konzentrieren sich deshalb auch weitgehend auf das Kohlendioxid. Die zunehmenden Emissionen von CH₄ und N₂O sind zum größten Teil auf landwirtschaftliche Prozesse (intensive Viehhaltung, Nassreisbau, Applikation von Stickstoffdünger) zurückzuführen. Aufgrund der weiter ansteigenden Weltbevölkerung von heute ca. 6 Milliarden Menschen auf zwischen 9 bis 10 Milliarden in 2050 sind die Maßnahmen zur Verringerung der Emissionen dieser beiden Gase limitiert. Hinzu kommt, dass durch Bodenerosion und Bodenversalzung weltweit immer größere landwirtschaftliche Nutzflächen verloren gehen, so dass immer mehr Menschen auf einer kleiner werdenden Fläche ernährt werden muss. Nach heutigem Kenntnisstand muss deshalb mit einer Intensivierung der Landwirtschaft gerechnet werden, die mit einem Anstieg der CH₄- und N₂O- Emissionen verbunden ist.

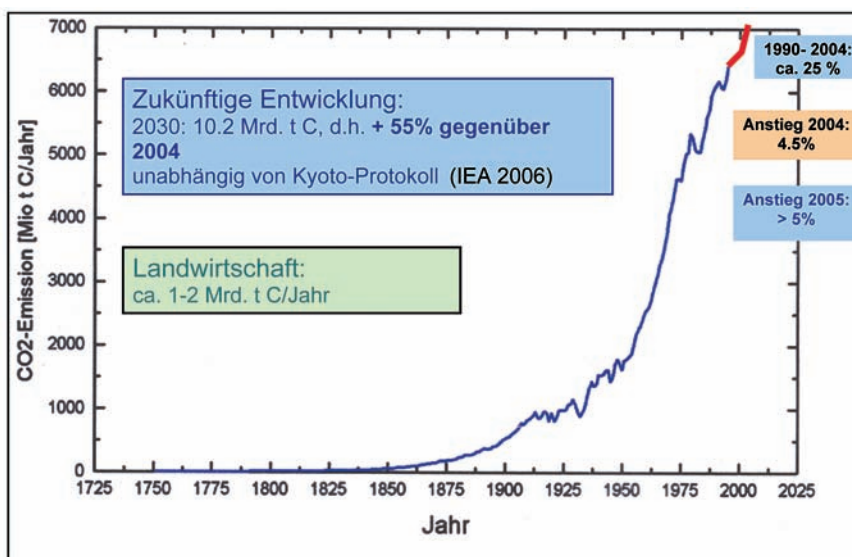


Bild 5: Zeitliche Änderung der CO₂-Emission durch Verbrennung fossiler Energieträger (ausgedrückt in Millionen Tonnen Kohlenstoff)

Die CO₂-Konzentration ist in der Atmosphäre von ca. 280 ppm in der vorindustriellen Zeit auf den heutigen Wert von nahezu 390 ppm angestiegen und hat

damit einen Wert erreicht, der nachweislich in den letzten 750 000 Jahren zu keinem Zeitpunkt aufgetreten ist. Dieser Anstieg geht im Wesentlichen auf die Verbrennung fossiler Energieträger (Kohle, Erdgas und Erdöl) zur Energiegewinnung zurück. Hinzu kommt die CO₂-Emission aus landwirtschaftlichen Aktivitäten, hier insbesondere durch die Rodung von tropischen Wäldern, die auf etwa 1-2 Milliarden Tonnen Kohlenstoff pro Jahr geschätzt wird. Die energiebedingte CO₂-Emission ist seit der Industrialisierung aufgrund des wachsenden Energiebedarfs exponentiell angestiegen und hat inzwischen Werte von mehr als 30 Milliarden Tonnen CO₂ oder ca. 7 Milliarden Tonnen Kohlenstoff erreicht (*Bild 5*).

Bezogen auf einzelne Länder waren im Jahr 2002 die USA mit ca. 23 %, die EU mit 16 %, China mit 18 % und Indien mit mehr als 5% beteiligt. Davon entfallen ca. 25 % auf die Kraftwerke, 23 % auf Haushalt und Kleinverbraucher, 19 % auf die Industrie und 15 % auf den Verkehr. Der Rest teilt sich in verschiedene Quellen für das CO₂. Der Anteil Deutschlands an der heutigen globalen CO₂-Emission beträgt ca. 4 %. Insgesamt ist die CO₂-Emission in Deutschland seit dem Kyoto-Bezugsjahr von 1 032 auf 873 Millionen Tonnen CO₂ (Mt) im Jahr 2005 zurückgegangen, so dass generell davon auszugehen ist, dass Deutschland die im Kyoto-Protokoll gemachte Zusage einer Reduktion der Treibhausgas-Emissionen von minus 21 % bis zum Jahr 2012 einhalten kann. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die bisherige Abnahme der CO₂-Emission nahezu ausschließlich auf den Zusammenbruch der Industrie in der ehemaligen DDR und die Anpassung des Energiesystems an westdeutsche Verhältnisse zurückzuführen ist.

Wichtigste CO₂-Quelle in Deutschland ist die Energiewirtschaft (Kraft- und Fernheizkraftwerke) mit einem Anteil von 41,5 % (Tabelle 1). Mit nahezu gleichen Anteilen folgen die CO₂-Emissionen aus dem Verkehr, den privaten Haushalten und der Industrie. Der stärkste Rückgang der CO₂-Emissionen seit 1990 ist im industriellen Bereich erfolgt, zum Teil bedingt durch die Abwanderung der energieintensiven Schwerindustrie und die Einführung von Emissionszertifikaten sowie des immer stärkeren Einsatzes von Erdgas, bei dem deutlich weniger CO₂ emittiert wird als beim Einsatz von Kohle oder Erdöl.

Energiewirtschaft	41,5 %
Gewerbe und Industrieprozesse	20,7 %
Haushalte/Kleinverbraucher	19,0 %
Verkehr	18,8 %

Tabelle 1: CO₂-Emissionen in Deutschland im Jahr 2005

(nach Quellengruppen) Quelle: Umweltbundesamt: Umweltdaten Deutschland Online 2008

Noch bis vor kurzem wurde generell angenommen, dass sich der Anstieg der globalen CO₂-Emission aufgrund der im Kyoto-Protokoll vereinbarten CO₂-Emissionsminderungsmaßnahmen abflacht. Ganz im Gegenteil dazu hat sich der Anstieg der CO₂-Emission durch die rasante wirtschaftliche Entwicklung in Asien, hier vornehmlich in China und Indien, aber auch durch die wirtschaftliche Erholung der osteuropäischen Länder verschärft und teilweise jährliche Zuwächse in der Größenordnung von mehr als 4 % erreicht. Die Internationale Energie Agentur (IEA) geht davon aus, dass eine weitere Zunahme der CO₂-Emission in den nächsten 30 Jahren nicht mehr vermeidbar ist und mit einem Anstieg von ca. 50 % zu rechnen ist, wenn nicht umfassende Maßnahmen zur CO₂-Emissionsminderung auf globaler Ebene durchgeführt werden, die in dem notwendigen Umfang aber nicht zu erwarten sind.

Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die relativ lange Verweilzeit von Kohlendioxid und Distickstoffoxid in der Atmosphäre. Jedes der durch menschliche Prozesse emittierten CO₂- bzw. N₂O-Moleküle verbleibt ca. 50 bis 120 Jahre in der Atmosphäre, bevor es durch verschiedene physikalische, biologische und chemische Prozesse wieder aus der Atmosphäre entfernt wird. Aufgrund dieser langen Verweilzeit erfolgt die Zunahme der Konzentration dieser Treibhausgase stark zeitlich verzögert gegenüber der Zunahme ihrer Emissionen. Wegen dieses Effekts würden die Konzentrationen dieser Treibhausgase weiter ansteigen, selbst wenn es gelingen würde, die Emission dieser beiden Klimagase auf dem heutigen Wert zu stabilisieren. In diesem Fall würden die Konzentrationen dieser Gase in der Atmosphäre erst in ca. 200-300 Jahren einen neuen dynamischen Gleichgewichtswert erreichen, der weit oberhalb des heutigen Wertes liegen und deshalb eine weitere Klimaänderung verursachen würde. Deshalb wird auch keine Stabilisierung, sondern eine deutliche Reduktion der derzeitigen CO₂-Emission gefordert.

Die zukünftige Klimaänderung

Die weitere zeitliche Entwicklung des Klimas ist im Wesentlichen vom weiteren Verlauf der Treibhausgasemissionen abhängig, die ihrerseits von der politischen, demografischen und technologischen Entwicklung bestimmt werden. Da diese Entwicklungen über einen Zeitraum von 100 Jahren nur schwer vorhersagbar sind, werden Annahmen getroffen und auf dieser Basis mögliche Emissionsszenarien berechnet, die dann den Klimaberechnungen zugrunde gelegt werden. Dementsprechend sind die Aussagen über die möglichen zukünftigen Klimaänderungen mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. Diese Unsicherheiten werden noch durch mehrere Rückkopplungsmechanismen verstärkt, deren Reaktionen auf die Klimaänderung noch vielfach unverstanden sind und deshalb noch zu erheblichen Änderungen der Klimaprognosen führen können.

Weiter kommt hinzu, dass das Klima ein sehr träges System ist, das mit einer zeitlichen Verzögerung von mehr als 30 Jahren auf die Veränderung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre reagiert. Vor 30 Jahren lag der Zuwachs der Treibhauskonzentrationen gerade einmal bei der Hälfte des heutigen Wertes, was darauf hinweist, dass erst die Hälfte des durch den Menschen verursachten Klimawandels wirksam geworden. Ein weiterer Klimawandel ist deshalb in den nächsten 30 bis 40 Jahren nicht mehr vermeidbar und kann nur noch auf einen »tolerierbaren« Temperaturanstieg begrenzt werden. Die Politik geht dabei von einem maximalen weiteren Temperaturzuwachs von 2°C bis Ende des Jahrhunderts aus, der im Wesentlichen dem für die weitere Klimaentwicklung günstigsten Szenario B1 entspricht (Bild 6). Werden keine umfangreichen Maßnahmen zur Verringerung der CO₂-Emissionen ergriffen (Szenario A1F1), kann der Anstieg der Temperatur einen Wert von 6 °C überschreiten (IPCC 2007a, IPCC 2007b).

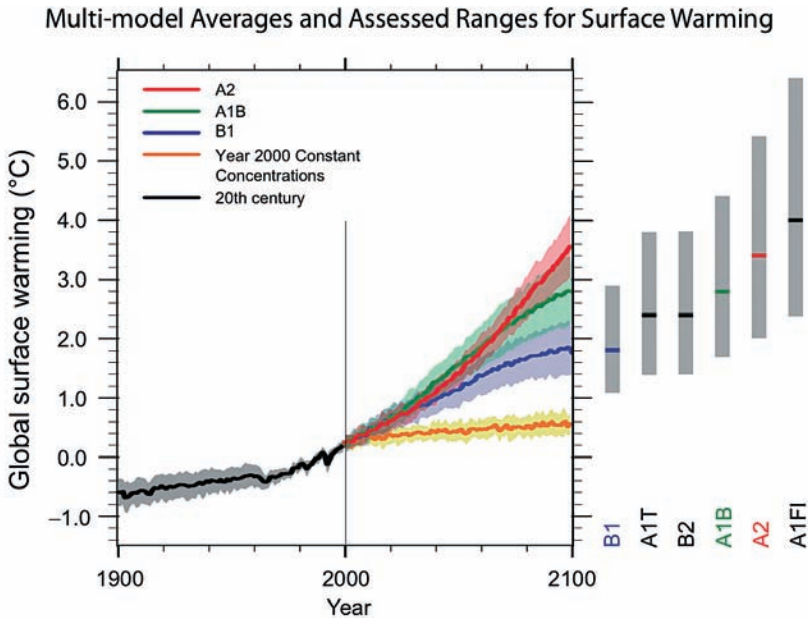


Bild 6: Prognosen der zukünftigen Klimaänderung auf der Basis verschiedener Emissionsszenarien (IPCC 2007a, IPCC 2007b)

Soll der globale Klimawandel auf den heute in der Politik diskutierten Wert von +2 Grad Celsius relativ zum heutigen Wert beschränkt werden, müssen umfassende und schnelle Anstrengungen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen unternommen werden, die aber heute noch nicht erkennbar sind.

Es besteht deshalb die Befürchtung, dass das heute angestrebte B1-Szenario nicht eingehalten werden kann und deshalb mit einem weiteren Temperaturanstieg von mindestens ca. 3 Grad Celsius bis zum Ende des Jahrhunderts gerechnet werden muss. Wird berücksichtigt, dass bereits ein Klimawandel von ca. einem Grad Celsius hinter uns liegt, sprechen wir in diesem Fall von einem Klimawandel von insgesamt 4 Grad Celsius. Dieser Wert entspricht in etwa der Temperaturdifferenz zwischen der letzten Eiszeit und der heutigen Warmzeit und dokumentiert das Ausmaß des heute erwarteten Klimawandels.

Auch Bayern wird von der weiteren Entwicklung des globalen Klimawandels unmittelbar betroffen sein. Berechnungen mit Hilfe des im Rahmen des Bayerischen Klimaprogramms entwickelten regionalen Klimamodells MCCM und unter Anwendung eines optimistischen CO₂-Emissions-Szenarios (B2) sowie basierend auf den Ergebnissen des Hamburger globalen Klimamodells (ECHAM 4) wird für die nächsten 40 Jahre eine über zehn Jahre gemittelte Temperaturzunahme von bis zu 2°C für den süddeutschen Raum und um mehr als 2°C für den Alpenraum prognostiziert (*Bild 7*). Diese Temperaturzunahme ist doppelt so hoch wie der über den gleichen Zeitraum berechnete globale Wert von ca. 1°C. Treffen diese Prognosen zu, wird sich die Temperatur in den nächsten 40 Jahren um den gleichen Wert wie in den letzten 120 Jahren erhöhen.

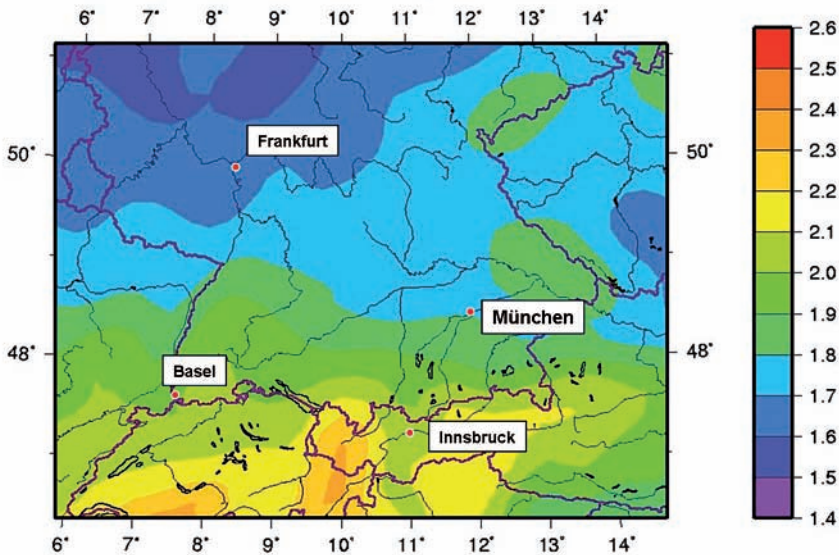


Bild 7: Prognosen für Temperaturänderungen in Süddeutschland (2030-2039 vs. 1991-1990) unter Nutzung des B2-Szenarios und basierend auf ECHAM4

In der zweiten Jahrhunderthälfte wird der Temperaturanstieg abflachen und bis zum Ende des Jahrhunderts noch einen Zuwachs von mehr als drei Grad Celsius erreichen, wobei keine signifikante Differenzen zwischen den Wintermonaten (Dezember-Februar) und dem Sommer (Juni-August) zu erwarten sind (Bild 8, oben). Im Gegensatz zu den erwarteten Temperaturänderungen verharren die über das Jahr gemittelten Niederschlagsmengen auf dem heutigen Niveau. Allerdings verweisen die Modellergebnisse auf eine zunehmende saisonale Umverteilung der Niederschläge, und zwar mit immer geringeren Niederschlägen im Sommer (um bis 30 %) und zunehmenden Niederschlägen im Frühjahr und Spätwinter (um bis zu 30 %) (Bild 8, unten). Insgesamt geht die Anzahl der Tage mit Niederschlag im ganzen süddeutschen Raum zurück. Dafür werden die Tage mit ausgeprägten Starkniederschlägen (mehr als 20 mm pro Tag) generell zunehmen, wobei die größten Zuwächse in Südbayern und am nördlichen Alpenrand zu erwarten sind.

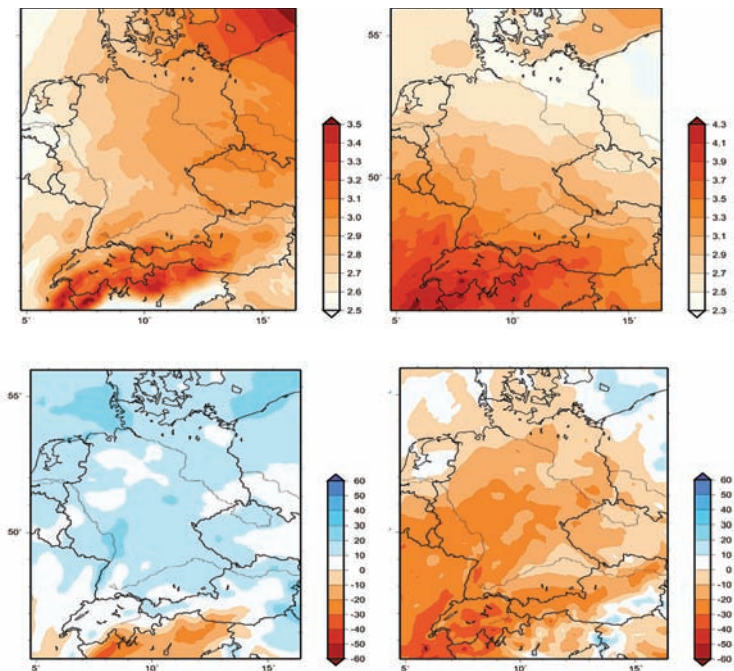


Bild 8: Prognostizierte Änderung der Temperatur (oben) und der Niederschläge (unten) in Deutschland für den Zeitraum zwischen 1960-89 und 2070-99, links: Winter (Dezember/Januar/Februar); rechts: Sommer (Juni/Juli/August)

Im Spätwinter und Frühjahr wird der Niederschlag infolge der höheren Temperaturen immer mehr von Schnee in Regen übergehen, so dass zusammen mit einer immer früher einsetzenden Schneeschmelze und der erwarteten zunehmenden Intensität der Niederschläge mit immer mehr Rekordhochwassern in dieser Jahreszeit gerechnet werden muss. Im Sommer führt der zurückgehende Niederschlag in Verbindung mit der zunehmenden Temperatur und höheren Verdunstung zu einer starken Austrocknung der Böden und einer Verringerung der Wasserstände der Flüsse. Die Niederschläge erfolgen im Sommer in zunehmenden Umfang in Form von konvektiven Ereignissen, d.h. in Form von Gewittern, so dass die zeitliche und räumliche Verteilung der Niederschläge und die daraus resultierenden Hochwasserereignisse starke Unterschiede aufweisen werden.

Bei der Beurteilung der hier dargestellten Modellergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die Berechnungen lediglich auf einem von vielen möglichen anthropogenen Emissionsszenarien basieren und andere denkbare Eingriffe des Menschen in das regionale Klima, u. a. durch Landnutzungsänderungen, gänzlich ignoriert werden. Unberücksichtigt bleiben auch mögliche Rückkopplungsmechanismen, wie z. B. mögliche Veränderungen der Vegetation aufgrund der erwarteten Klimaänderungen, die z. Zt. noch weitgehend unverstanden sind und dementsprechend nicht in den regionalen Modellen berücksichtigt werden können.

Mögliche Auswirkungen der Klimaänderung

Zweifelsfrei ist eine mittlere globale Temperaturzunahme von 2 bis 3°C bis zum Ende dieses Jahrhunderts und die erwartete Änderung der Niederschlagsverteilung mit großen globalen Auswirkungen und erheblichen ökologischen, ökonomische und sozialen Folgen verbunden, deren Umfang heute noch nicht im vollen Umfang abgeschätzt werden kann. Nachstehend sind einige globale Auswirkungen exemplarisch aufgeführt:

- Durch die thermische Ausdehnung des Meerwassers und die Abschmelzung von Gletschern wird der Meeresspiegel in den nächsten 100 Jahren um ca. 50 cm ansteigen, wodurch niedrig gelegene Inseln sowie große, fruchtbare und dicht besiedelte Fluss-Deltas und Küstenzonen überflutet werden. Auch große, im unmittelbaren Küstenbereich liegende Städte wären direkt betroffen. Der Anstieg des Meeresspiegels wird durch die Abschmelzung der Gletscher verstärkt. Die Abschmelzung des Grönlandgletschers alleine würde einen zusätzlichen Anstieg des Meeresspiegels um ca. 7 Meter bedeuten.
- Die Intensität und Anzahl der meteorologischen Extremereignisse werden weiter zunehmen und zu vermehrten Dürreperioden einerseits und vermehr-

ten Überschwemmungen andererseits mit erheblichen ökonomischen Folgen führen. Die so genannten Jahrhundertereignisse werden immer häufiger und mit größeren Intensitäten auftreten und zu stark ansteigenden Schäden führen; eine Entwicklung, die heute schon an den Statistiken der großen Rückversicherer abzulesen ist.

- Von besonderer Bedeutung ist die Änderung der atmosphärischen Zirkulation, die mit einer nicht unerheblichen Veränderung der zeitlichen und räumlichen Verteilung der Niederschläge verbunden ist und sich unmittelbar auf die Stabilität bestehender natürlicher Ökosysteme sowie die Land- und Forstwirtschaft auswirken und die Bereitstellung von ausreichenden Mengen sauberen Trinkwassers für große Teile der Weltbevölkerung gefährden wird. Wenn sich der Monsun über Indien ändern sollte, wären mehr als eine Milliarde Menschen betroffen.
- Infektionskrankheiten wie Malaria, Cholera oder Dengue-Fieber werden sich infolge der globalen Erwärmung und der Häufung von Wetterextremen in die wärmer werdenden Klimazonen ausbreiten und dabei Gebiete erfassen, in denen diese Krankheiten bisher nicht aufgetreten sind und die Gesundheit der dort lebenden Menschen besonders beeinträchtigen.

Zweifelsfrei werden einige Gebiete dieser Erde von den erwarteten Klimaänderungen profitieren, dafür werden andere Gebiete umso stärker in Mitleidenschaft gezogen. Aufgrund dieser unterschiedlichen Entwicklung entstehen politische Spannungen, z. B. beim Kampf um eine gerechte Verteilung der sich ändernden Wasservorräte. Diese Spannungen werden sich in Anbetracht der weiter wachsenden Weltbevölkerung, hier insbesondere in den Entwicklungsländern, noch verstärken. Besonders hart werden die semiariden Gebiete in den Entwicklungsländern getroffen, die zu den ärmsten Gebieten der Erde gehören und bereits heute an Wasserknappheit leiden, so dass selbst geringfügige Abnahmen der Niederschlagsmengen zu extremen Problemen führen und die ohnehin in diesen Ländern vorhandenen sozialen und wirtschaftlichen Spannungen bis hin zu kriegerischen Auseinandersetzungen um die verbleibenden Wasserressourcen weiter verschärfen können. Aufgrund der Globalisierung werden sich die Auswirkungen derartiger Auseinandersetzungen nicht auf einzelne Gebiete beschränken, sondern weltweit wirksam werden und damit auch Deutschland unmittelbar treffen.

Die regionalen Klimaprognosen sind zwar noch verhältnismäßig unsicher, trotzdem zeichnen sich eindeutige Trends für verschiedene Klimaparameter ab, die für Aussagen über die möglichen Auswirkungen einer weiteren globalen Klimaänderung auf den süddeutschen Raum und Bayern genutzt werden

können, wobei nahezu alle wirtschaftlichen Sektoren von einem derartigen Klimawandel erfasst werden. Nachfolgend sind einige der erwarteten dieser Folgen exemplarisch dargestellt.

- Besondere Sorgen bereitet der Klimawandel in den Mittelgebirgen und in den Alpen, die heute noch über bevorzugte Skigebiete verfügen. Durch die ansteigenden Temperaturen werden die Tage mit Schneefall weiter zurückgehen und sich dadurch die Wintersaison in den meisten deutschen Wintersportgebieten soweit verkürzen, dass die tiefer gelegenen Orte den klassischen Wintertourismus aufgeben müssen. Aufgrund des generellen Anstiegs der Nullgradgrenze um ca. 500 m wird der klassische Wintersport in der Zukunft nur noch in Höhen oberhalb von 1200 m möglich sein. Die meisten Wintersportorte in Deutschland werden deshalb ohne Zweifel zu den Verlierern des Klimawandels gehören. Der heute vielfach praktizierte Einsatz von künstlicher Beschneieung kann nur eine Übergangslösung sein. Eine Ausnahme sind Orte wie Oberstdorf und Garmisch-Partenkirchen, die über Skigebiete in ausreichenden Höhen verfügen und deshalb mit einem Zuwachs an Besuchern in der Wintersaison rechnen können.

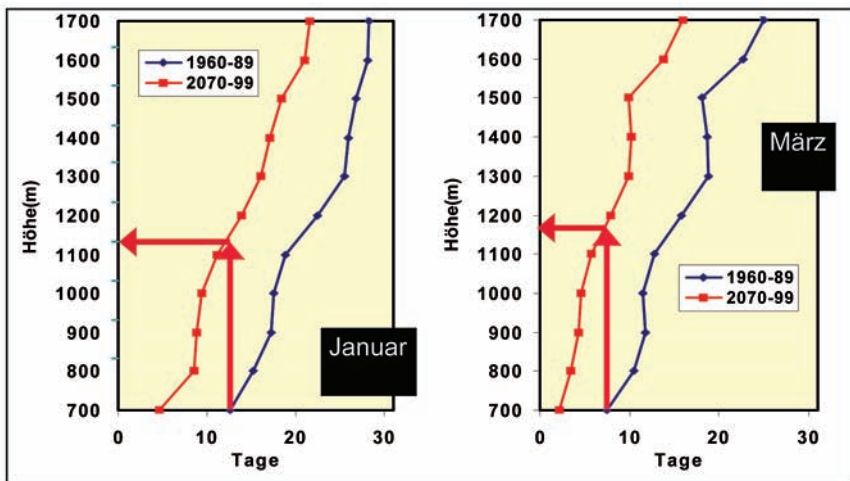


Bild 9: Prognostizierter Anstieg der Nullgradgrenze in den nördlichen Alpen für den Zeitraum zwischen 1960-89 und 2070-99, links: Januar; rechts: März

- Zu den Gewinnern der Klimaänderung in Bayern wird der Sommertourismus gehören, weil der Sommer in der Zukunft länger, wärmer und trockener und damit immer attraktiver für den Tourismus wird. Hinzu kommt, dass durch

den weiteren Anstieg der Energiepreise Fahrten über große Distanzen äußerst unattraktiv werden und deshalb immer mehr Menschen ihren Sommerurlaub bevorzugt in der heimischen Region oder in der unmittelbaren Nachbarschaft verbringen werden. Diese Tendenz wird dadurch noch verstärkt, dass der Sommer im Mittelmeerraum durch den weiteren Klimawandel unerträglich heiß wird und deshalb mit größter Wahrscheinlichkeit immer mehr Menschen, die im Mittelmeerraum leben, ihren Sommerurlaub in den Alpen bzw. nördlich der Alpen verbringen werden. Es ist deshalb absehbar, dass sich der derzeitige Tourismusstrom im Sommer über die Alpen in nicht allzu weiter Ferne stark verändern wird. Eine derartige Entwicklung bedeutet eine Riesenchance für alle bayerischen Tourismusorte, die es zu nutzen gilt.

- Negative Folgen werden dagegen für die Gesundheit erwartet, wenn die Spitzentemperaturen weiter ansteigen und die kühlen Nächte seltener werden. Besonders betroffen sind die Großstädte und Ballungsgebiete, in denen sich die Hitze durch den so genannten »Heat Island Effekt« weiter aufstauen und zu Situationen führen wird, die mit erheblichen gesundheitlichen Problemen verbunden sein werden. Höhere Temperaturen in Verbindung mit einer Zunahme der Anzahl, Intensität und Dauer von Inversionswetterlagen werden dazu noch zu einer höheren Schadstoffbelastung durch Photooxidantien wie z.B. Ozon führen, die schädliche Auswirkungen auf ältere Menschen und Kinder sowie Pflanzen und Tiere haben. Der Klimawandel ist damit auch eine ernsthafte Herausforderung an die zukünftige Städteplanung und Architektur, die an den Klimawandel angepasst werden müssen.
- Eine weitere negative Folge des Klimawandels ist die Ausbreitung von Infektionskrankheiten. Ein Beispiel sind die Lyme-Borreliose und die Frühsommer-Meningo-Enzephalitis (FSME), die durch die sich ausbreitenden Zecken übertragen werden. In der Schweiz ist die Anzahl der gemeldeten FSME-Erkrankungen von ca. 25 im Jahr 1985 auf mittlerweile 250 Fälle angestiegen. Durch die höheren Temperaturen ist auch mit einem Anstieg der Erkrankungen durch Salmonellen zu erwarten. Auch das Auftreten von tropischen Infektionskrankheiten wie Malaria und Dengue-Fieber ist in der Zukunft nicht auszuschließen. Weiterhin muss wegen des zunehmenden und längeren Pollenflugs sowie der Einwanderung von Pflanzen mit aggressiven Pollen mit einer Verschärfung der Allergieverkrankungen gerechnet werden.



Bild 10: Folgen des Hochwassers im August 2005 in den Alpenländern Schweiz, Österreich und Bayern

- Durch die Zunahme der Niederschlagsmengen im Spätwinter und Frühjahr werden die Hochwasserereignisse immer häufiger und intensiver. Diese Tendenz wird sich noch dadurch verschärfen, dass der Niederschlag in dieser Jahreszeit immer mehr in Form von Regen und nicht mehr als Schnee fallen sowie die Schneeschmelze durch die höheren Temperaturen immer früher und intensiver einsetzen wird. Da der Boden in dieser Jahreszeit noch relativ kalt ist und der Blattaustrieb noch nicht erfolgt ist, ist zudem die Verdunstung vernachlässigbar klein, so dass die Böden sehr schnell mit Wasser gesättigt sind. Dementsprechend werden die Wasserabflüsse viel stärker zunehmen als der Anstieg der Niederschlagsmengen, so dass in der Zukunft mit einer weiteren Zunahme von Hochwassersituationen mit immer neuen Rekorden zu rechnen ist, die ihrerseits wieder mit weiter ansteigenden Schadenssummen verbunden sein werden. Ebenso muss mit einer Zunahme der Überschwemmungen in Wohngebieten durch intensivere Niederschläge, die Ausdehnung der bebauten Flächen und durch unzureichend dimensionierte Kanalsysteme, die den verstärkten Wasseranfall nicht mehr aufnehmen können, gerechnet werden.
- Demgegenüber wird der Wasserstand in den Fließgewässern im Sommer stark zurückgehen, mit erheblichen Folgen u.a. für die Schifffahrt, die Kühlung von Kraftwerken und die Wasserverfügbarkeit in der Landwirtschaft.

Durch die abnehmenden Niederschläge und die höhere Verdunstung aufgrund der höheren Temperaturen wird der Bodenwassergehalt im Sommer stark zurückgehen und auch die Grundwasserneubildung beeinträchtigt. Am stärksten von der Klimaänderung wird die Forstwirtschaft betroffen sein, die ihren »Brotbaum«, die Fichte, verlieren wird. Die Fichte ist als Flachwurzler nicht an die zukünftigen klimatischen Verhältnisse angepasst, gerät dadurch unter enormen Wasserstress und ist damit extrem anfällig gegen Schädlinge wie den Borkenkäfer. Diese Schäden treten besonders dort auf, wo sandige Böden vorliegen und/oder die Niederschlagsmengen geringe Werte ausweisen. Davon betroffen sind große Teile Frankens, in denen heute schon große Gebiete frei von Fichten sind.

- Die Landwirtschaft ist ebenfalls unmittelbar vom Klimawandel betroffen, kann sich aber in der Regel relativ schnell an den Klimawandel anpassen, da sie weitgehend mit einjährigen Pflanzen arbeitet. Durch die Auswahl von geeigneten Fruchtarten und/oder den Einsatz innovativer Bewässerungssysteme hat die Landwirtschaft die Möglichkeit, die aus dem Klimawandel resultierenden Folgen mehr als auszugleichen. Unter Berücksichtigung der längeren Vegetationsperiode, des Anbaus ertragsreicherer Pflanzen und der Verschiebung des Getreideanbaus in größere Höhen ist nicht auszuschließen, dass die Landwirtschaft in weiten Teilen Bayerns zu den Gewinnern gehören wird.
- Abschließend wird noch auf die naturnahen Ökosysteme mit ihrer hohen Artenvielfalt verwiesen, die sich aufgrund des Klimawandels, hier insbesondere der sich ändernden Niederschläge, deutlich verändern werden. Wie sich diese Ökosysteme in den kommenden Jahrzehnten verändern werden, lässt sich heute schwer vorhersagen. Aber eines ist sicher: Die vielfach und wiederholt vorgebrachte Meinung, dass sich in unserer Region eine mediterrane Vegetation mit Palmen am Chiemsee durchsetzen wird, ist aufgrund der weiterhin tiefen Temperaturen im Winter mit Sicherheit auszuschließen.

Notwendige Maßnahmen

Angesichts der erwarteten Auswirkungen einer weiteren Klimaänderung ist – selbst bei Berücksichtigung der noch bestehenden Unsicherheiten – die Ergreifung und Umsetzung von Maßnahmen zur Verringerung der Emissionen klimarelevanter Spurenstoffe (klassischer Klimaschutz) zwingend erforderlich. Diese Unsicherheiten betreffen einmal die zukünftige mögliche Entwicklung der anthropogen bedingten Emissionen von Treibhausgasen, die u.a. von der demografischen, politischen und technologischen Entwicklung abhängig ist und kaum exakt über einen Zeitraum von 100 Jahren vorhergesagt werden

kann, und zum anderen die natürlichen Rückkopplungen zwischen dem prognostizierten Klimawandel und der terrestrischen bzw. marinen Biosphäre, die zu erheblichen Veränderungen der Quell- und Senkenstärken wichtiger Treibhausgase führen und dadurch den Klimawandel noch verstärken können. Es wird deshalb zunehmend gefordert, den Klimawandel auf nicht mehr als +2°C in den nächsten 100 Jahren zu begrenzen, um unkontrollierbare Entwicklungen im Klimageschehen zu vermeiden.

Um die weitere Temperaturzunahme auf einen Wert von 2°C zu beschränken, muss die heutige globale CO₂-Emission durch menschlichen Aktivitäten in den nächsten hundert Jahren um mindestens 50 % gesenkt werden. Dieses angestrebte Ziel steht im krassen Gegensatz zu der weiter ansteigenden Weltbevölkerung, die von den Vereinten Nationen (UN) auf ca. 3 Milliarden bis zum Jahr 2050 abgeschätzt wird und aufgrund der bestehenden Altersstruktur der Weltbevölkerung nicht wesentlich beeinflusst werden kann. Dieser zusätzliche Bevölkerungsanteil muss mit Energie und Nahrungsmittel versorgt werden. Hinzu kommt das berechnete Verlangen der Entwicklungs- und Schwellenländern nach einem verbesserten Lebensstandard und Wohlstand. Zusammen genommen führt diese Entwicklung zu einer weiter zunehmenden Emission von Treibhausgasen, wenn nicht außergewöhnliche Maßnahmen ergriffen werden. Dieses Spannungsfeld aufzulösen, ist eine der größten Herausforderungen, die auf die Gesellschaft in diesem Jahrhundert zukommen wird.

Dabei sind die Industrieländer besonders gefordert, die heute zwar nur einen Bevölkerungsanteil von lediglich ca. 25 % stellen, aber für mehr als drei Viertel der CO₂-Emissionen verantwortlich sind. Die CO₂-Emission pro Kopf und Jahr liegt in den USA etwa 20-mal höher als in Indien und 5-mal so hoch wie der weltweite Durchschnitt. Folgerichtig muss die CO₂-Emission in den Industrieländern um ca. 80 % reduziert werden, wenn den Entwicklungsländern noch ein Entwicklungsspielraum gegeben, aber gleichzeitig das Gesamtziel einer Reduktion um 50 % eingehalten werden soll. Mit dieser Forderung laufen wir insofern in ein für den Klimaschutz folgenschweres Dilemma, als die für den Klimawandel verantwortlichen Industrieländer am wenigsten von den Auswirkungen der Klimaänderungen betroffen sind und deshalb keinem spürbaren Druck ausgesetzt sind, wirksame Maßnahmen zum Klimaschutz zu ergreifen. Demgegenüber haben die von den Klimaänderungen am stärksten betroffenen Entwicklungsländer nahezu keine Möglichkeiten, der globalen Klimaänderung entgegenzuwirken. Gerade wegen dieser Situation und in Verantwortung gegenüber den nachkommenden Generationen sind die Industrieländer verpflichtet, ihrer Verantwortung nachzukommen.

Die Forderung nach einer Senkung der CO₂-Emission um 80 % in den nächsten fünfzig Jahren klingt im ersten Moment als utopisch, kann aber ohne größere Schwierigkeiten realisiert werden, wenn die bereits heute vorhandenen technischen Möglichkeiten effizient ausgeschöpft werden. Es fehlen lediglich der Wille und letztlich auch der politische Druck, diese Möglichkeiten schnell und umfassend umzusetzen. Essentiell ist dabei, dass in einem Nachfolgeprotokoll zum bestehenden Kyoto-Abkommen alle Länder integriert werden und auch die Entwicklungsländer Verpflichtungen eingehen, den Zuwachs der CO₂-Emissionen in ihren Ländern mit geeigneten und sozial verträglichen Mitteln zu begrenzen. Ein erster Schritt in diese Richtung wurde auf der letzten Umweltkonferenz in Bali getan, der nun in konkrete und völkerrechtlich verbindliche Vorgaben einfließen muss.

Die EU und die deutsche Bundesregierung nehmen in der zurzeit geführten Klimaschutzdebatte insofern eine Vorreiterrolle ein, als konkrete über das international diskutierte Ziel hinausgehende CO₂-Emissionsreduktionen beschlossen worden sind. Am 9. März 2007 hat der Europäische Rat das Energie- und Klimaschutzpaket angenommen und die EU verpflichtet, durch eine 20 %-ige Steigerung ihrer Energieeffizienz und eine 20 %-ige Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energieträger am Energiemix die CO₂-Emissionen bis 2020 einseitig um 20 % zu senken. Die deutsche Bundesregierung ist noch einen Schritt weitergegangen und hat eine Reduktion der CO₂-Emission um 40 % unter dem Niveau von 1990 bis zum Jahr 2020 angeboten, wenn die EU ihre Emissionen im gleichen Zeitraum um 30 % reduziert. Die Erreichung dieser Zielvorgabe stellt eine extreme gesellschaftspolitische und wirtschaftliche Herausforderung dar, der sich unsere Gesellschaft stellen muss. Dieses gilt insbesondere, wenn das bestehende Moratorium hinsichtlich der zeitlich befristeten Nutzung der Kernenergie beibehalten bleibt und die Laufzeit der bestehenden Kernkraftwerke nicht über die vereinbarten Werte hinaus verlängert wird.

Das durch die Bundesregierung vorgegebene Ziel der CO₂-Emissionen ist nur erreichbar, wenn alle verfügbaren Potenziale ausgeschöpft werden und ein integriertes Energie- und Klimaprogramm zum Zuge kommt, in dem

1. die Effizienz bei der Erzeugung und Nutzung der Energie schnell und umfassend gesteigert wird,
2. die bestehenden Möglichkeiten auf dem Gebiet der alternativen Energien sinnvoll, d.h. unter Vermeidung negativer ökologischer Nebeneffekte, genutzt werden,
3. neue CO₂-arme bzw. CO₂-freie Technologien entwickelt und ihre Markteinführung unterstützt werden und

4. die ordnungspolitischen Rahmenbedingungen für einen effizienten Klimaschutz gesetzt werden.

Einen »Königsweg«, der alle Probleme mit einem Schlag und ohne Mitwirkung des Einzelnen beseitigt, gibt es nicht und wird es auch in der Zukunft nicht geben. Notwendig ist ein Bündel von Einzelmaßnahmen, das an die einzelnen Regionen und den dort bestehenden Verhältnisse angepasst ist und in kurzen Zeitabschnitten immer wieder auf seine Wirksamkeit hin überprüft werden muss. Ideologische Hemmnisse müssen dabei »über Bord« geworfen werden und der Forderung nach einer nachhaltigen Entwicklung absoluter Vorrang eingereicht werden. Es wird deshalb eine Laufzeitverlängerung der bestehenden sicheren Kernkraftwerke in Deutschland vorgeschlagen, allerdings mit der Maßgabe, dass die dabei erzielten Gewinne in einen »Umweltfond« eingezahlt werden, aus dem die erforderlichen Klimaschutzmaßnahmen nach dem Prinzip »Hilfe zur Selbsthilfe« angestoßen werden.

Verbesserungen bei der Energieeffizienz können erreicht werden u. a. durch 1. ein energiebewussteres Verhalten im Straßenverkehr, im Haushalt und am Arbeitsplatz, 2. ein geändertes Kaufverhalten (u. a. bei Fahrzeugen, Haushaltsgeräten, Regionalprodukten), 3. einen verstärkten Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung, 4. eine verbesserte Kennzeichnung des Energieverbrauchs von elektrischen Geräten und Anwendung des Top-Runner-Prinzips, (5.) die erhöhte Wärmedämmung im Altbaubereich sowie (6.) eine verstärkte Förderung der Entwicklung und Markteinführung energieeffizienter Produkte. Mit Hilfe dieser Maßnahmen kann die CO₂-Emission sehr schnell und mit vergleichsweise niedrigen Kosten gesenkt werden. Bei den heutigen Energiepreisen, die in absehbarer Zeit noch weiter ansteigen werden, zahlt sich der Klimaschutz innerhalb weniger Jahre aus.

Der Anteil der alternativen Energie kann in Deutschland durch den weiteren Ausbau der Wind-Offshore-Anlagen, der stärkeren Nutzung der Solarenergie und der Geothermie sowie der Nutzung der ohnehin als Abfall anfallenden und bisher unzureichend genutzten Biomasse erhöht werden. Ein weiteres Energiepotenzial bieten die Wälder, in denen heute mehr Holz nachwächst als zurzeit genutzt wird. Ein Ausbau der Biomasseproduktion für energetische Zwecke wird aufgrund der weltweit wachsenden Bevölkerung und begrenzten landwirtschaftlichen Nutzfläche schnell an Grenzen stoßen. Auch müssen ökologische Folgewirkungen berücksichtigt werden.

Auf dem Gebiet der Entwicklung neuer effizienter Technologien sind in den letzten Jahren – wie eindrucksvoll auf der diesjährigen Hannover-Messe dokumentiert wurde – erhebliche Fortschritte erzielt worden, die jetzt in die Praxis

umgesetzt werden müssen. Im Verkehrsbereich kann der CO₂-Ausstoß durch Verkehrsvermeidung und Verkehrsverlagerung sowie durch die Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen pro Fahrzeug erheblich gesenkt werden. Wichtig ist in diesem Zusammenhang eine stärkere Förderung innovativer Antriebstechniken. Von mindestens der gleichen Bedeutung ist die weitere Entwicklung von Mini-Blockheizkraftwerken, die in Einfamilienhäusern eingesetzt werden können und einen wesentlichen höheren Wirkungsgrad als herkömmliche Großkraftwerke aufweisen. Die heute vielfach diskutierten Techniken zur Abtrennung von CO₂ aus Rauchgasen aus Kohlekraftwerken stecken noch in den Kinderschuhen und werden erst in ca. zwei Jahrzehnten verfügbar sein.

Diese beispielhaft aufgeführten Maßnahmen müssen durch die richtigen ordnungspolitischen Anreize flankiert und so schnell wie möglich umgesetzt werden, um dem Klimaschutz als der größten umweltpolitischen Herausforderung dieses Jahrhunderts gerecht zu werden. Vorrangig müssten alle bestehenden Gesetze, Verordnungen und Bestimmungen unter dem Aspekt des Klimaschutzes überprüft werden. Dazu zählen u.a. das Mietrecht und die Entfernungspauschale, die sozialverträglich an die Anforderungen eines wirksamen Klimaschutzes angepasst werden müssen. Auch ist nicht nachvollziehbar, warum die Kraftfahrzeugsteuer nicht auf den Spritpreis aufgeschlagen und dadurch der Ressourcenverbrauch bestraft wird. Ebenso muss die bestehende Wärmeschutzverordnung voll auf Altbauten übertragen werden, wenn der Energieverbrauch im Gebäudebereich signifikant reduziert werden soll. Auch die zurzeit bestehende Honorarverordnung für Architekten und Ingenieure muss neu überdacht werden, um auch neue Ideen und Ansätze zur Energieeinsparung entsprechend zu honorieren. Auch müsste über eine aufkommensneutrale Lenkungsabgabe auf alle CO₂ emittierenden Prozesse nachgedacht werden, um zusätzliche Anreize zur Energieeinsparung auf breiter Basis zu schaffen. Aufkommensneutral bedeutet, dass die Energiepreise zwar durch Abgaben angehoben werden, die zusätzlichen Einnahmen aber nicht für das Stopfen bestehender Haushaltslöcher bei Bund und Ländern genutzt, sondern unmittelbar an den Bürger zurückgegeben bzw. teilweise auch für die Entwicklung und Markteinführung neuer CO₂-freier Technologien eingesetzt werden.

Eine Reduktion der CO₂-Emission durch eine Verringerung des Einsatzes fossiler Energieträger ist unabhängig von der Klimadebatte zwingend erforderlich, um den nachfolgenden Generationen die erforderliche Basis für eine sinnvolle und notwendige Entwicklung zu geben. Die fossilen Energieträger sind wichtigste Grundbaustoffe für die chemische und pharmazeutische Industrie und deshalb viel zu wertvoll, um einfach verbrannt zu werden. Notwendig ist deshalb eine nachhaltige Nutzung der vorhandenen Ressourcen wie in 1992 auf der Umweltkonferenz in Rio de Janeiro gefordert. Eine erhebliche Reduktion des Energie-

verbrauchs ist weiterhin zwingend geboten, um die derzeitige starke Abhängigkeit Deutschlands von Energieimporten zu verringern und gerade in einer Zeit von stark steigenden Energiepreisen den Abfluss von Geld ins Ausland zu verringern. Durch diese Maßnahmen wird die Wertschöpfung im eigenen Land erhöht und dadurch zusätzliche Arbeitsplätze gesichert.

Anpassungen an die Folgen des Klimawandels

Wegen der nicht mehr vermeidbaren weiteren Klimaänderungen und den daraus resultierenden Folgen darf sich die zur Zeit auf dem Klimasektor geführte Diskussion nicht ausschließlich auf die Ergreifung von Maßnahmen für eine umfassende und weltweite Verringerung der Emissionen von klimarelevanten Spurengasen (im Rahmen des Kyoto-Protokolls) beschränken, sondern muss in zunehmendem Umfang auch die Definition und Umsetzung von Strategien zur Adaption an die aus der regionalen Klimaänderung resultierenden Folgen beinhalten. Dieses gilt insbesondere für die mit der Veränderung der Niederschläge zusammenhängenden Auswirkungen. Diese Notwendigkeit wird auf politischer Seite noch nicht voll erkannt, ist aber dringend geboten, wenn rechtzeitig Maßnahmen zum Schutz der Gesellschaft abgeleitet bzw. bereitgestellt werden sollen. Beispielhaft sind erwähnt:

- Entwicklung von Frühwarnsystemen für Hochwasser im Alpenraum und Bereitstellung eines integrierten Katastrophenmanagements sowie die Entwicklung eines integrierten und ganzheitlichen Hochwasserschutzes unter Einschluss von Wildbachverbauungen.
- Die Schaffung von zusätzlichen Speicherkapazitäten in Form von Talsperren, um das »Zuviek« an Niederschlag im Frühjahr zur Minimierung von Hochwasser aufgefangen und in den zunehmend trockenen Sommern für die Wasserführung der Flüsse und Bewässerung durch die Landwirtschaft wieder zur Verfügung zu stellen.
- Schaffung von zusätzlichen Retentionsflächen zur Vermeidung von Höchstwasserständen und Erhaltung der natürlichen Überschwemmungsgebiete durch ein umfassendes Nutzungsverbot für Siedlungs- und Gewerbegebiete.
- Anpassung der Landwirtschaft durch Wechsel der Fruchtarten und Änderung der Bewirtschaftung, u.a. durch effizientere Nutzung des Wassers, wie z. B. der Tröpfchenbewässerung anstatt der derzeitigen Bewässerungssystemen.
- Verstärkter Schutz des Bergwalds zur Erhöhung der Wasserspeicherkapazität der Böden und zur Verbesserung des Lawinenschutzes.
- Anpassung des Tourismus an den erwarteten Klimawandel, d.h. stärkere Fokussierung auf den Sommertourismus, der aufgrund der längeren Saison und der zunehmend stabileren Wetterlagen eindeutig zu den Gewinnern des Kli-

mawandels gehören wird. Dabei ist ferner zu berücksichtigen, dass sich die Touristenströme in die Alpen aufgrund der ansteigenden Temperaturen in ganz Europa und die steigenden Benzinpreise erheblich verändern wird.

Die Definition und Umsetzung von Anpassungsstrategien erfordern Zeiträume von bis zu 30 Jahren, also ist eine vorausschauende Politik und sofortiges Handeln dringend geboten, wenn rechtzeitig Maßnahmen zum Schutz der Gesellschaft abgeleitet bzw. bereitgestellt werden sollen.

Die erfolgreiche Umsetzung entsprechender Anpassungsstrategien setzt zusammen mit den Vermeidungsstrategien die Entwicklung geeigneter und effizienter Umwelttechnologien voraus, die uns unabhängig von den fossilen Energieträgern machen und die Zukunft unserer Enkelkinder sichern wird. Wer derartige Technologien rechtzeitig entwickelt, wird den zukünftigen Weltmarkt beherrschen und Arbeitsplätze in Deutschland sichern. Der Klimawandel ist insofern auch eine riesige Chance für die Wirtschaft, die es gilt, zu erkennen und konsequent zu nutzen. Auf der diesjährigen Hannover-Messe wurde der weltweite Markt für Umwelttechnologie auf mehr als 2 200 Milliarden Euro für das Jahr 2020 abgeschätzt. Eine vorausschauende Klimapolitik ist deshalb gleichzeitig die beste Wirtschaftspolitik.

Literaturhinweise:

International Energy Agency (IEA): World Energy Outlook 2007, Paris 2008.

IPCC 2007a. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group I. Summary for Policymakers. 18 S.

IPCC 2007b. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group II. Summary for Policymakers. 16 S.

Umweltbundesamt 2008: Umweltdaten Deutschland Online, <http://www.env-it.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=2700>