

## Globaler Klimawandel

Mit der Vorlage des 4. Sachstandsberichts des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimafragen der Vereinten Nationen (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) im Jahr 2007 sind die wissenschaftlichen Befunde eindeutig: Der größte Teil des Anstiegs der mittleren globalen Temperatur seit Mitte des 20. Jahrhunderts geht sehr wahrscheinlich (mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 90 Prozent) auf den Anstieg der vom Menschen verursachten Treibhausgas-konzentrationen zurück.

Die heute beobachteten Wirkungen des Klimawandels sind die Reaktion des Klimasystems auf die Treibhausgasemissionen der vergangenen zwei Jahrhunderte. Wegen der Trägheit des Klimasystems werden sich die Wirkungen der heutigen deutlich höheren Treibhausgasemissionen erst in den kommenden Jahrzehnten bemerkbar machen, sodass sich das Klima der Erde für viele Jahrhunderte weiter erwärmen dürfte. Deshalb ist beides notwendig: langfristige Emissionsminderung und kurz- und mittelfristige Anpassung an den Klimawandel.

Die Beobachtungsdaten der vergangenen 100 Jahre zeigen deutlich, dass sich das Klima erwärmt. Zwischen 1906 und 2005 stieg die globale bodennahe Mitteltemperatur um 0,74 Grad Celsius (°C). Gebirgsgletscher und Schneebedeckung nahmen im Mittel auf der Nord- und Südhalbkugel ab. Der Meeresspiegel stieg im 20. Jahrhundert um etwa 17 Zentimeter (0,12 bis 0,22 Meter) im globalen Mittel. Grund dafür sind die thermische Ausdehnung des Meerwassers sowie schmelzende Gletscher, Eiskappen und Eisschilde.

Die Klimaforschung ermittelt Projektionen künftiger Klimaänderungen mit Klimamodellen. Die Ergebnisse basieren auf einer großen Zahl von Modellsimulationen und einer breiten Auswahl an Klimamodellen. Deshalb ist es möglich, beste Schätzungen und wahrscheinliche Unsicherheitsbereiche für die projizierten Änderungen anzugeben. Das IPCC führte Klimamodellsimulationen für verschiedene so genannte Emissionsszenarien durch. Das heißt, die Forscherinnen und Forscher legen für ihre Klimamodelle alternative Szenarien für den Treibhausgasausstoß zugrunde. Die projizierte mittlere globale Erwärmung an der Erdoberfläche für den Zeitraum 2090 bis 2099 gegenüber dem Zeitraum 1980 bis 1999 zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1

Projizierte mittlere globale Erwärmung an der Erdoberfläche für den Zeitraum 2090 bis 2099 gegenüber 1980 bis 1999

Emissionsszenario	beste Schätzung	wahrscheinliche Bandbreite
B1	1,8°C	1,1-2,9°C
A1B	2,8°C	1,7-4,4°C
A1FI	4,0°C	2,4-6,4°C

In diesen Zahlen ist die zwischen der vorindustriellen Zeit und dem Zeitraum 1980 bis 1999 eingetretene Erwärmung von etwa 0,5°C noch nicht enthalten. Rechnet man diese Temperaturzunahme dazu, resultieren bis Ende des 21. Jahr-

hunderts Erwärmungen von 2,3°C für das niedrigere, 3,3°C für das mittlere und 4,5°C für das höhere Emissionsszenario. Diese Werte überschreiten einen Temperaturanstieg von maximal 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau; dies sehen viele Fachleute und die Europäische Union (EU) als Grenze an, ab der dramatische Schäden als Folge der Klimaänderungen drohen.

### **Klimawandel und Klimafolgen in Deutschland**

Der globale Klimawandel macht sich auch in Deutschland bemerkbar. Die Jahresmitteltemperatur stieg in Deutschland in den vergangenen 100 Jahren um etwa 0,8°C. Dieser Erwärmungstrend beschleunigte sich im Laufe der vergangenen Jahrzehnte deutlich und ist nun mit 0,15°C je Dekade auf fast das Doppelte gestiegen. Vor allem die Wintermonate wurden wärmer. Die letzten zehn Jahre des 20. Jahrhunderts waren das wärmste Jahrzehnt dieses Jahrhunderts. Neun der Jahre zwischen 1990 bis 2000 und auch die Mehrzahl der bisherigen Jahre des 21. Jahrhunderts waren wärmer als die langjährige Durchschnittstemperatur von 8,3°C. In den ersten sechs Jahren des 21. Jahrhunderts war es erheblich wärmer als im langjährigen Mittel, die beobachtete Temperaturzunahme ist im Südwesten Deutschlands besonders hoch (Deutscher Wetterdienst, DWD).

Für den Niederschlag sind bereits Veränderungen beim Gebietsmittel der jährlichen Niederschlagsmenge festgestellt: es ist ein leichter Anstieg von etwa neun Prozent seit Beginn des 20. Jahrhunderts beobachtet. Dieser Anstieg ist jedoch wegen der großen natürlichen jährlichen Schwankung beim Niederschlag statistisch nicht signifikant (DWD). Regional und saisonal differenziert zeigt sich: In den vergangenen 100 Jahren nahmen vor allem im Westen Deutschlands die Niederschläge deutlich zu. Am stärksten war diese Zunahme im Winter. Im Osten hingegen nahmen vor allem die sommerlichen Niederschläge ab. Klimaänderungen zeigen sich auch in ungewöhnlichen Ausmaßen extremer Wetterereignisse, wie Hitzeperioden und Starkniederschläge. Diese treten länger, häufiger oder intensiver auf. Wegen des hohen Schadenpotentials solcher Extremereignisse sind sie auch volkswirtschaftlich besonders bedeutsam. Verschiedene Modellrechnungen der Klimaforschung kommen zu dem Ergebnis, dass Extremereignisse in Zukunft häufiger und heftiger auftreten werden als bisher.

Das UBA veröffentlichte die Ergebnisse regionaler Klimamodelle, die mögliche Klimaänderungen in Deutschland bis zum Jahr 2100 berechnen. Die regionalen Klimamodelle basieren auf globalen Klimamodellen und ermöglichen eine umfassendere Projektion der möglichen Entwicklung des Klimas in Deutschland bis ins Jahr 2100. Im Vergleich des möglichen Klimas der Jahre 2071 bis 2100 mit dem Zeitraum 1961 bis 1990 zeigen die Klimamodelle, dass

- die Temperaturen in Deutschland regional und jahreszeitlich unterschiedlich voraussichtlich um 1,5 bis 3,7°C steigen,
- es weniger Frosttage, mehr heiße Tage und mehr Tropennächte geben wird sowie die Zahl und Dauer von Hitzewellen zunehmen werden,
- sich die sommerlichen Niederschläge durchschnittlich um 30 Prozent verringern und gleichzeitig die Häufigkeit von Starkniederschlägen zunimmt,

- wir mit einem Rückgang der Gletscher und Schneebedeckung in den Alpen rechnen müssen und
- der Meeresspiegel mit im Mittel plus 30 Zentimeter deutlich höher liegen könnte. Hierbei gilt es zu beachten, dass für einen Teil der Küsten in Deutschland wegen der Landsenkung und wegen der Gezeitenvergrößerung mit deutlich höherem Meeresspiegelanstieg zu rechnen ist.

Der DWD hat für den Betrachtungsraum Deutschland 4 regionale Klimamodelle miteinander verglichen und kommt zum Ergebnis: Bis Mitte bzw. Ende des Jahrhunderts wird von einer Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um 1 - 2,25°C (bis 2050) bzw. zwischen 2 und 4°C (bis 2100) ausgegangen. Es ist mit einer „gewissen Austrocknung“ der östlichen und südlichen Landesteile zu rechnen: 5 bis 15% weniger Niederschlag (bis 2050). Der Jahresniederschlag wird aller Voraussicht nach zum Ende des 21. Jahrhunderts kaum Unterschiede zu heute aufweisen, aber: es kommt wohl zu einer deutlichen Verschiebung des Niederschlagszyklus, das bedeutet: eine signifikante Abnahme der Sommerniederschläge (15-25%, bis zu 40%) bei gleichzeitiger erheblicher Zunahme im Winter.

### **Regionale Wirkung des Klimawandels**

Eine Betrachtung der Naturräume Deutschlands verdeutlicht die regionalen Unterschiede des Klimawandels und seiner Folgen. Die regionalen Klimamodelle erwarten für die Küstenregionen von Nord- und Ostsee bis zum Ende des 21. Jahrhunderts einen vergleichsweise geringen Temperaturanstieg. Ursache dafür ist die Nähe zum Meer und das relativ ausgeglichene und gemäßigte Küstenklima. Allerdings verändert sich die Häufigkeit so genannter Temperaturkennstage (Eistage, Frosttage, Sommertage, Tropennächte) zum Teil deutlich. Im Hinblick auf den Niederschlag berechnen die Modelle für die Nordseeküste und das nordwestdeutsche Tiefland eine überdurchschnittliche Zunahme im Winter und für die Ostseeküste und das nordostdeutsche Tiefland eine besonders starke Abnahme der sommerlichen Niederschläge. Dieses könnte in den heute schon von Trockenheit betroffenen nordöstlichen Regionen Deutschlands ohne geeignete Anpassung zu Problemen – z.B. in der Landwirtschaft oder in der Wasserwirtschaft – führen.

Nach den regionalen Projektionen behalten die zentralen Mittelgebirge und der Harz das im Vergleich zu anderen Teilen Deutschlands kühlere Klima bei. Die Zahl der Frosttage ändert sich in dieser Region weniger stark als in tiefer gelegenen Gebieten. Allerdings wird sich die Zahl der Sommertage gebietsweise mehr als verdoppeln. Das Niederschlagsniveau in diesen Regionen ist schon heute hoch. Die Projektionen verdeutlichen eine überdurchschnittliche Abnahme der sommerlichen Niederschläge im Harz und im Harzvorland, während die Winterniederschläge mit einer überdurchschnittlichen Zunahme gekennzeichnet sind.

Die Region der links- und rechtsrheinischen Mittelgebirge fällt besonders wegen des projizierten Niederschlagsverhaltens auf. Hier berechnen die Modelle für die mittleren winterlichen Niederschläge die höchsten Zunahmen in ganz Deutschland. Die sommerlichen Niederschläge nehmen hingegen vergleichsweise gering ab. Daraus resultiert auch im projizierten Jahresniederschlag für die linksrheinischen Mittelgebirge eine Verschiebung zu einem insgesamt niederschlagsreiche-

ren Klima. Folgen für die Land- und Forstwirtschaft sowie für den Hochwasserschutz sind zu erwarten. Für den Oberrheingraben macht sich der Klimawandel besonders mit einer deutlichen Zunahme heißer Tage und Nächte sowie der Zahl und Dauer der Hitzeperioden bemerkbar. Diese Zunahme ist besonders für das Gesundheitswesen eine Herausforderung. Weiterhin zeigen die regionalen Klimamodelle für das Alpenvorland sowie für den Naturraum Alp und Nordbayerisches Hügelland im Süden Deutschlands eine stärkere Temperaturzunahme als für den Bayerischen Wald und die Küstenregionen. Besonders stark könnten sich auch die Niederschläge in Süd- und Südwestdeutschland verringern. Zusammen mit den hohen sommerlichen Temperaturen könnte sich die Verdunstung der verbliebenen Niederschläge deutlich erhöhen.

Klimaänderungen zeigen sich auch in ungewöhnlichen Ausmaßen extremer Wetterereignisse, wie Hitzeperioden und Starkniederschläge. Diese treten länger, häufiger oder intensiver auf. Es ist nicht möglich, die Schäden solcher Ereignisse im Vorhinein hinreichend sicher zu berechnen. Ein Blick in die jüngere Vergangenheit zeigt jedoch die mögliche Dimension für Deutschland: Beispielsweise verursachte das Elbe-Hochwasser im Jahr 2002 in Deutschland gesamtwirtschaftliche Schäden von 9,4 Mrd. €, die Orkane „Lothar“ und „Martin“ aus dem Jahr 1999 verursachten Schäden über 14 Mrd. Euro. Als Folge des heißen Sommers 2003 zählten Statistiker in Deutschland über 7.000 Todesfälle mehr als in üblichen Sommern.

Weiterführende Informationen zu Klimaänderungen und Klimafolgen in Deutschland sowie links zum Thema finden sich u. a. auf der Web-Seite des „Kompetenzzentrums Klimafolgen und Anpassung“ (kurz: KomPass) unter: [www.anpassung.net](http://www.anpassung.net). KomPass ist seit Oktober 2006 beim Umweltbundesamt (Dessau) eingerichtet.

Von Dr. Achim Daschkeit, Umweltbundesamt