



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

DEM KLIMAWANDEL BEGEGNEN

Die Deutsche
Anpassungsstrategie



IMPRESSUM

IMPRESSUM

Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Referat Öffentlichkeitsarbeit · 11055 Berlin
E-Mail: service@bmu.bund.de · Internet: www.bmu.de

Redaktion: Christine Feix, Almut Nagel, Jürgen Schulz, Thomas Stratenwerth (BMU)

Gestaltung: design idee, büro für gestaltung, Erfurt
Druck: Silber Druck, Niestetal

Abbildungen: Titelseite: Klaus Westermann/Caro
S. 4: GFC Collection
S. 6: Thomas Imo/photothek.net
S. 7: Friedrich Haun
S. 8: Nick Cobbing/Still Pictures
S. 9: die bildstelle/MCPHOTO
S. 10: Wolfgang Deuter
S. 13: Peter Lehner/Mauritius Images
S. 15: Hoffmann/Caro
S. 18: Hoffmann/Caro
S. 19 (o): W.M. Weber/TV-yesterday
S. 19 (u): Christian Bauer/F1 ONLINE
S. 20: Riedmiller/Caro
S. 22 (o): Jörn Haufe/Fotex
S. 22 (u): KOS/A1PIX
S. 23: Christian Jablinski/Keystone
S. 24: Olaf Döring
S. 25: Bildagentur Huber
S. 26 (o): Andreas Buck
S. 26 (u): Klaus Wagenhäuser/ALIMDI.NET
S. 27: Peter Frischmuth/argum
S. 28: Peter Duddek/VISUM
S. 29: Norbert Schäfer/vario images
S. 30: Ralph Lueger Fotografie
S. 31: R. Usher/WILDLIFE
S. 32: vision photos
S. 33: Bildagentur-online
S. 34 (o): Firstlight/vario images

S. 34 (u): Brigitte Hiss/BMU
S. 35: Thomas Stephan/www.oekolandbau.de
S. 36: Reinhard Eisele
S. 37: Jörg Böthling/agenda
S. 38: Matthias Lüdecke
S. 40: Helga Lade Fotoagentur
S. 41: Henning Christoph/Das Fotoarchiv
S. 42: W. M. Weber/TV-yesterday
S. 43: Ralf Niemzig/VISUM
S. 44: Rainer Weisflog
S. 45: Prisma/F1 ONLINE
S. 46: Katarzyna Zommer/Deepol
S. 47 (o): Katarzyna Zommer/Deepol
S. 47 (u): A1PIX/AAA
S. 48: Falk Heller/argum
S. 50: E. Kajan/blickwinkel
S. 51: Falk Heller/argum
S. 52: Rainer Weisflog
S. 53: Wolfgang Kunz
S. 54: Doerr/Outdoor-Archiv
S. 55: Wolfgang Nuerbauer/argum
S. 56: Science & Society Picture Library/NASA
S. 58: Mehdi Chebil
S. 60: die bildstelle/ACTIONPLUS
S. 63: Marcus Gloger/JOKER
S. 64: Sven Döring/VISUM
S. 65: Peter Widmann

Stand: März 2009
1. Auflage: 10.000 Exemplare

04	1. KLIMASCHUTZ UND ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL - DIE ZWEI SÄULEN DER DEUTSCHEN KLIMAPOLITIK	
10	2. DER MENSCH BEEINFLUSST DAS KLIMA	
	2.1 Bereits verändert: das weltweite Klima	12
	2.2 Klimawandel in Deutschland	14
	2.3 Mit Unsicherheiten umgehen	18
20	3. DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS - WAS KANN GETAN WERDEN?	
	3.1 Auswirkungen auf Natur und Gesellschaft	22
	Unsere Gesundheit	23
	Bauwesen	26
	Wasserhaushalt, Küsten- und Meeresschutz	27
	Boden	30
	Biologische Vielfalt	31
	Landwirtschaft	35
	Wald- und Forstwirtschaft	36
	Fischerei	37
	Energiewirtschaft	38
	Finanzwirtschaft	39
	Verkehr	40
	Industrie und Gewerbe	41
	Tourismuswirtschaft	42
	3.2 Raum- und Regionalplanung sowie Bevölkerungsschutz	43
	3.3 Die Vielfalt der Regionen	45
	3.4 Klimaschutz und Anpassung – möglichst beides verbinden	47
48	4. GEWUSST WIE - FORSCHUNG HILFT ANPASSUNG	
56	5. ANPASSUNG GLOBAL - DER DEUTSCHE BEITRAG	
	5.1 Was unternimmt die Weltgemeinschaft?	58
	5.2 Was unternimmt die Bundesregierung?	58
60	6. DER WEG ZUM AKTIONSPLAN	
	6.1 Informieren	62
	6.2 Viele Akteure beteiligen	63
66	Glossar	
68	Informationen im Internet	



KLIMASCHUTZ UND ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL – DIE ZWEI SÄULEN DER DEUTSCHEN KLIMAPOLITIK





Das Klima ändert sich weltweit – und damit auch die Lebensbedingungen der Menschen. Wenn es nicht gelingt, den globalen Klimawandel zu dämpfen, rechnen Experten mit weit reichenden Folgen für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Deshalb verfolgt Deutschland gemeinsam mit den Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) das Ziel, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur zu begrenzen. Maximal zwei Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Temperaturniveau halten Experten für akzeptabel, um die Folgen beherrschbar zu halten. Um das zu erreichen, muss weltweit der klimaschädliche Ausstoß

von Treibhausgasen verringert werden, allen voran durch die Industrieländer.

Doch der Klimawandel hat bereits begonnen. Selbst wenn es gelingt, das 2-Grad-Ziel zu erreichen, wird vieles nicht mehr sein wie vorher. Ökologische, soziale und wirtschaftliche Folgen sind bereits heute in vielen Regionen spürbar und werden voraussichtlich in den kommenden Jahren weiter zunehmen.

Um die Schäden möglichst gering zu halten, müssen wir erstens den Klimaschutz weiter voranbringen. Zweitens müssen wir durch Anpas-

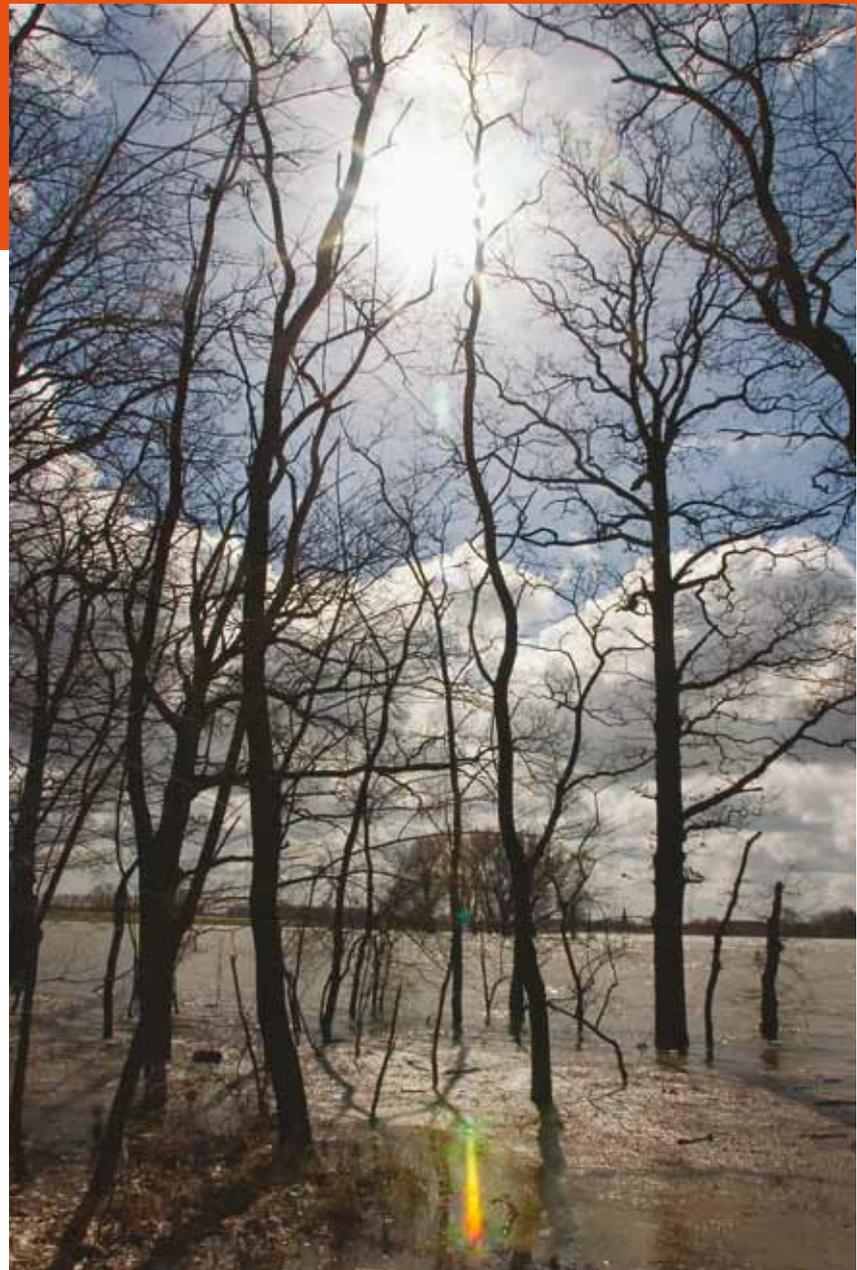
sung vorsorgen: Gesellschaft und Natur sollten durch bereits absehbare Änderungen so wenig wie möglich beeinträchtigt werden. Wichtig ist deshalb, deren Verwundbarkeit (siehe Glossar – Verwundbarkeit) zu verringern und sie dabei zu unterstützen, sich flexibel auf die neue Lage einstellen zu können. Auch die Chancen, die sich für einige Bereiche durch den Klimawandel ergeben, dürfen nicht verspielt werden. So können zum Beispiel im Tourismus, der Landwirtschaft und der Umwelttechnik neue Möglichkeiten entstehen. Wer rechtzeitig und in angemessener Weise handelt, etwa durch vorausschauendes Planen



und Bauen, verhindert nicht allein vermeidbare Schäden. Er bewahrt auch kommende Generationen davor, einen ungleich größeren Aufwand treiben zu müssen, um dasselbe Ergebnis zu erzielen.

Bei alledem ist eindeutig: Anpassungsmaßnahmen können Klimaschutz nicht ersetzen. Steigen die Temperaturen im Treibhaus Erde, steigen auch die Kosten für Anpassungsmaßnahmen. Umgekehrt gilt aber auch: Gelangen weniger schädliche Klimagase in die Atmosphäre, hilft das, die Anpassungskosten gering zu halten. **Insofern sind Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel untrennbar miteinander verbunden: Sie sind zwei Seiten einer Medaille und bilden die beiden tragenden Säulen der deutschen Klimapolitik.**

Während es beim Klimaschutz eine bezifferbare Zielgröße gibt – nämlich die Menge der Treibhausgas-Emissionen, die gemindert werden muss –, ist das Ziel von Maßnahmen zur Anpassung weniger leicht fassbar: Hier gilt es, die Verwundbarkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme zu verringern. Außerdem soll deren Fähigkeit gefördert werden, sich auf neue Verhältnisse einzustellen.



Das sind komplexe Anforderungen, bei denen nicht nur eine Vielzahl von Akteuren und Entscheidungsebenen eine Rolle spielen. Es gibt auch Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Sektoren wie etwa der Land- und der Wasserwirtschaft, so dass der Nutzen für einen Bereich zu unerwünschten Nebenwirkungen anderswo führen kann. Die Wechselwirkungen müssen daher nicht nur aufgedeckt, sondern auftretende Vor- und Nachteile auch

gegeneinander abgewogen werden. Häufig wird der Ursprungsplan dann umgeschrieben werden müssen. Aus diesem Grund ist es notwendig, dass alle Beteiligten wissen, was die anderen tun und welche Ziele sie verfolgen. Nur dann können Konflikte erkannt und ausgeräumt werden. Gerade weil das Problem so vielschichtig ist, ist es unbedingt notwendig, strukturiert vorzugehen und für Transparenz zu sorgen.



Die Bundesregierung weist den Weg

Einen solch strukturierten Prozess will die Bundesregierung mit der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) fördern. Mit ihrer Unterschrift unter die Klimarahmenkonvention hatte sie sich 1992 auch verpflichtet, einen nationalen Anpassungsplan zu entwickeln und fortlaufend zu aktualisieren.

Die Bundesregierung versteht die Deutsche Anpassungsstrategie als Rahmen in einem mittelfristigen Prozess, bei dem Bund, Länder, Kommunen und viele weitere gesellschaftliche Akteure zusammentragen, wo und wie gehandelt werden muss, um spätere Schäden zu vermeiden. Darauf aufbauend sollen konkrete Maßnahmen entwickelt und umgesetzt werden.

Andere europäische Staaten gehen ähnlich vor, und auch die EU-Kommission hat für April 2009 ein Weißbuch zum Thema Anpassung angekündigt. Im Weißbuch sollen – aufbauend auf den Grundgedanken des Grünbuchs der EU-Kommission vom Juni 2007 – Aufgaben und Handlungsmöglichkeiten auf der Ebene der Europäischen Union konkretisiert werden.

Auf dem Weg der Anpassungsstrategie orientiert sich die Bundesregierung an den folgenden Grundsätzen.

Die Bundesregierung im Dialog

Die Folgen des Klimawandels zu bewältigen ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, entsprechend liegt die Verantwortung auf vielen Schultern. Die Deutsche Anpassungsstrategie soll den Prozess strukturieren und aufzeigen, wo der Bund Schwerpunkte setzt. Auch die Bundesländer sind bereits in unterschiedlichen Bereichen aktiv, in einigen Ländern liegen schon Handlungsleitlinien vor (siehe „Informationen im Internet“, Seite 70/71). Die Bundesregierung schlägt mit der Deutschen Anpassungsstrategie vor, wie der Dialog gestaltet werden kann.

Weiterforschen und bereits handeln

Wer planen und vorsorgen soll, braucht umfassende Informationen. Das gilt für Privatleute, Wissenschaftler/innen, Unternehmer/innen, Verwaltungsmitarbeiter/innen und Politiker/innen gleichermaßen. Damit sie Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel entwickeln können, sind sie auf fundierte und fortlaufend aktualisierte Forschungsergebnisse angewiesen: Welche Änderungen kommen auf bestimmte Regionen zu, welche Gefahren drohen, und wie wahrscheinlich ist es, dass

diese Gefahren eintreten? Erkenntnisse und Informationen müssen demzufolge verständlich aufbereitet, gut zugänglich und gezielt abrufbar sein. Außerdem sollte klar sein, welche Gegenmaßnahmen möglich sind und wer jeweils zuständig ist.

Bei der Frage, wie sich das weltweite Klima ändern wird, stützt sich die Bundesregierung derzeit auf die Vorhersagen, die der Weltklimarat IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2007 in seinem vierten Sachstandsbericht veröffentlicht hat. Wie es für einzelne Regionen aussehen wird, ist dagegen noch weitaus weniger klar. Dennoch lassen sich inzwischen auch hier Trends beschreiben, weil unterschiedliche Modellierungen zu ähnlichen Ergebnissen kommen.

Der vorliegende Bericht zeigt in einer zusammenfassenden Bestandsaufnahme, welche Konsequenzen für Mensch, Wirtschaft und Umwelt erwartet werden. Dabei wird deutlich, dass noch erheblicher Forschungsbedarf besteht. Doch auch wenn heute die Rechnung vielfach mit mehreren Unbekannten gemacht werden muss, ist Abwarten keine Option. Um vorzusorgen, müssen Anpassungsmaßnahmen jetzt angegangen werden. Wichtig dabei ist, sie so flexibel anzulegen, dass sie bei einer großen Spannbreite von Kli-

mafolgen funktionieren und an spätere Erkenntnisse und Erfordernisse angepasst werden können.

Maßschneidern – am besten vor Ort

Für manche Branchen und Regionen Deutschlands eröffnet der Klimawandel neue Chancen, andere werden vor schwierige Herausforderungen gestellt. Entsprechend müssen auch die Anpassungsmaßnahmen ganz unterschiedlich ausfallen. Oft wissen die Leute vor Ort am besten, was genau für ihren Fall sinnvoll ist, während die Bundesebene hier vorwiegend unterstützend und flankierend wirken kann. Deshalb setzt die Bundesregierung darauf, die Eigenverantwortung und die Anpassungskapazitäten vor Ort zu stärken.

Mehrere Fliegen mit einer Klappe

Anpassungsmaßnahmen sollten kosteneffizient sein und ihr Aufwand in vernünftigem Verhältnis zu den Risiken stehen, die sie absichern. Außerdem sollten sie nicht isoliert entwickelt werden, sondern möglichst gleichzeitig noch weitere sinnvolle Ziele verfolgen. Denn was dem einen nützt, kann dem anderen schaden. Deshalb müssen alle Maßnahmen stets im Blick behalten, dass sie auch Auswirkungen auf andere Lebens- und Wirtschaftsbereiche haben können. Bestenfalls lässt sich bei rechtzeitigem Austausch eine Lösung finden, die für alle gut oder zumindest für niemanden schlecht ist.

International Verantwortung übernehmen

In vielen Teilen der Welt wird sich der Klimawandel weit folgenreicher auswirken als in Deutschland. Gleichzeitig sind die Möglichkeiten, sich zu wappnen – insbesondere für die Menschen in Entwicklungsländern – viel geringer als bei uns. Deshalb ist Anpassung ein zunehmend wichtiger Aspekt der bilateralen und internationalen Zusammenarbeit. Neben der weltweiten Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen steht das Thema Anpassung bei den internationalen Klimaverhandlungen inzwischen ganz oben auf der Prioritätenliste.

Auch in der entwicklungs-, sicherheits- und umweltpolitischen Zusammenarbeit spielt der Anpassungsaspekt inzwischen eine zentrale Rolle. Wenn mehr Menschen aufgrund zunehmender Stürme und Überschwemmungen oder aufgrund von häufigeren Dürren dauerhaft ihre Heimat verlassen,

ist der Einfluss auf die Wanderungs- oder Migrationspolitik unmittelbar. Die Deutsche Anpassungsstrategie setzt sich auch mit diesen Fragen auseinander.

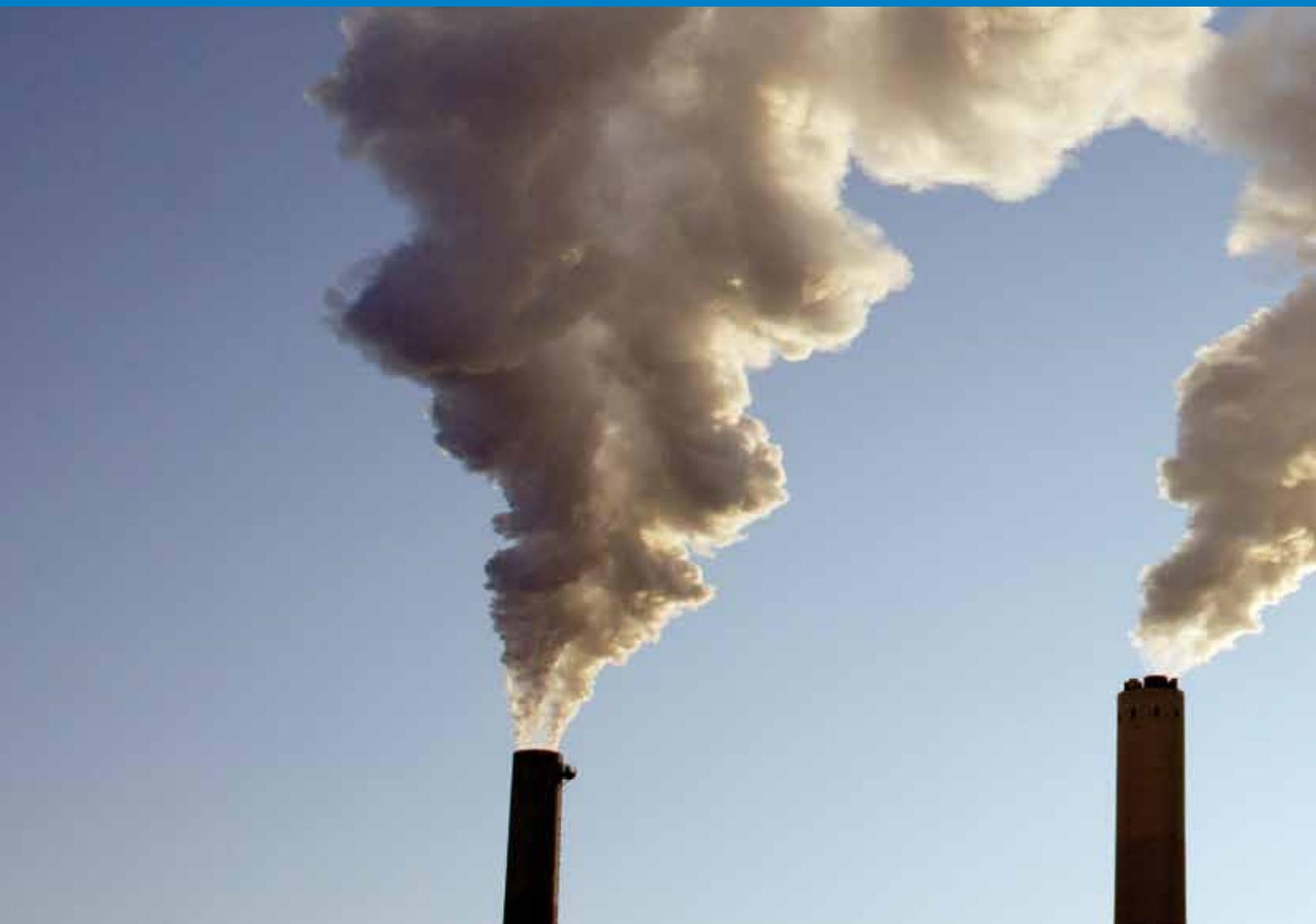
Nachhaltigkeit und Anpassung ergänzen sich

Die Deutsche Anpassungsstrategie ist Teil der Nachhaltigkeitspolitik der Bundesregierung und darin eingebettet. Anpassung und Nachhaltigkeit ergänzen sich inhaltlich. Besonders offensichtlich ist dies beim Thema „Klima und Energie“ – einem der vier Schwerpunkte im aktuellen Fortschrittsbericht der Bundesregierung zur Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Doch auch für andere Politikfelder ist die Deutsche Anpassungsstrategie ein wichtiger Faktor. Dazu zählt der Erhalt der biologischen Vielfalt oder die Förderung ländlicher Räume, um nur zwei Beispiele zu nennen.





DER MENSCH BEEINFLUSST DAS KLIMA





2.1 Bereits verändert: das weltweite Klima

In den vergangenen 100 Jahren ist es auf der Erde wärmer geworden. Seit Anfang des 20. Jahrhunderts stieg die globale Jahresmitteltemperatur um 0,74 Grad Celsius (°C). Der Weltklimarat, der auch unter seiner englischen Abkürzung IPCC bekannt ist, führt das mit „sehr hoher Wahrscheinlichkeit“ – das heißt mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 90 Prozent – auf

menschliche Einflüsse zurück. Vor allem seit 1950 zeigt die Trendkurve steil nach oben. Auf der Nordhalbkugel lagen die Durchschnittstemperaturen in der zweiten Jahrhunderthälfte sehr wahrscheinlich höher als während jedes anderen 50-Jahr-Zeitraums in den vergangenen 500 Jahren. Wahrscheinlich überstiegen sie sogar die Werte der letzten 1300 Jahre oder sogar eines noch längeren Zeitraumes. (Quelle: Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC 2007, SPM WG I, S.10, dt. Fassung) Gebirgsgletscher und Schnee-

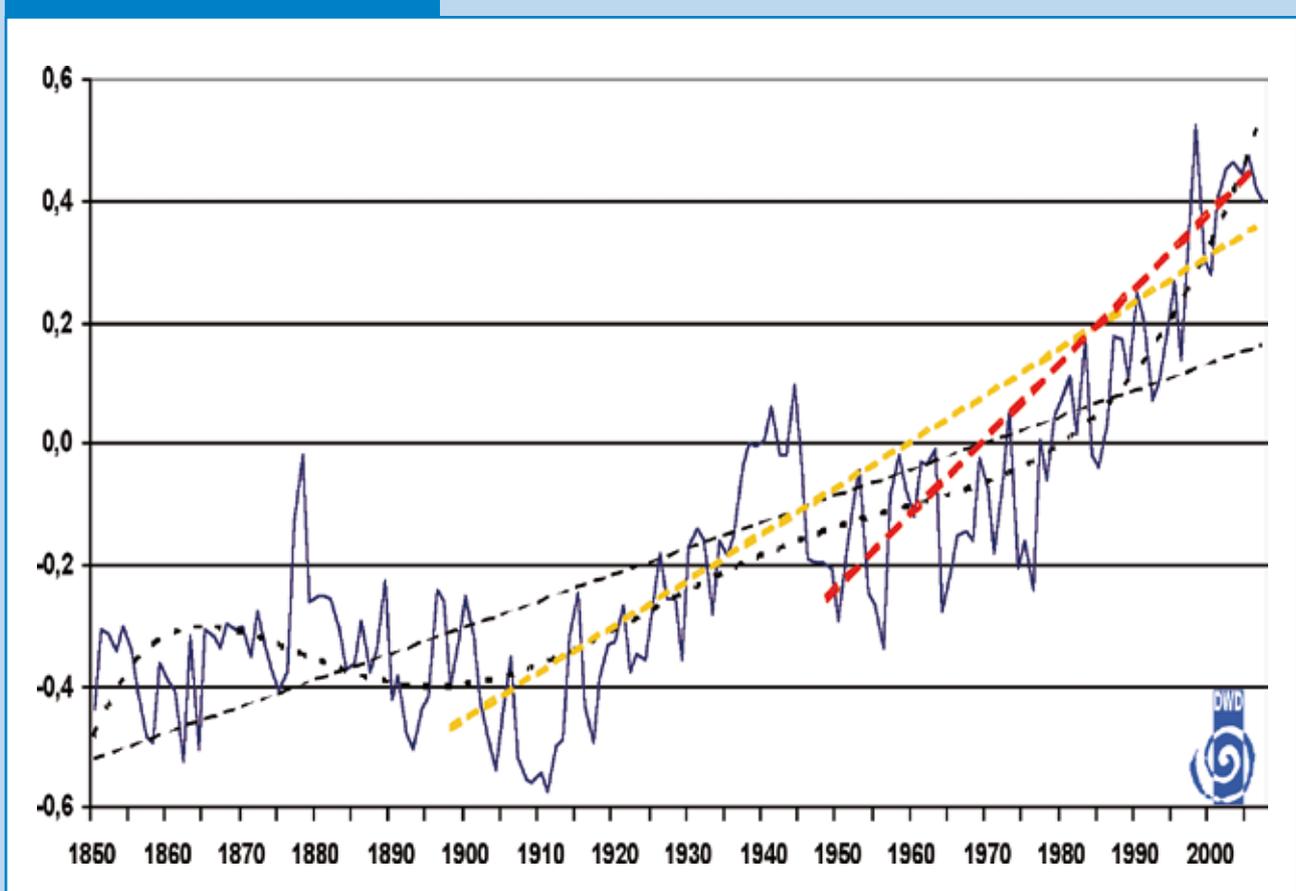
decken schrumpfen weltweit, der Meeresspiegel stieg im 20. Jahrhundert um durchschnittlich 17 Zentimeter.

Das erwartet der Weltklimarat

Entlässt die Menschheit weiter ungebremst klimaschädliche Gase in die Atmosphäre, erwarten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen Temperaturanstieg bis

Entwicklung der Durchschnittstemperaturen 1850 - 2005 (Abbildung 1)

So entwickelten sich weltweit die Durchschnittstemperaturen von 1850 bis 2005 (blaue Linie). Der lineare Trend seit 1850 (schwarze Linie), seit 1900 (gelbe Linie) und seit 1950 (rote Linie) wird immer steiler. Die Trendkurve (polynomische Anpassung der Zeitreihe) zeigt den dramatischen Anstieg seit Ende der siebziger Jahre (schwarze Kurve). Datenquellen: www.metoffice.gov.uk/hadobs sowie Deutscher Wetterdienst (DWD)





zum Ende des Jahrhunderts um 1,8 bis 4,0 Grad Celsius (°C) – einige Experten halten sogar 6,4 Grad Celsius für möglich.

Am wärmsten wird es vermutlich über dem Festland und in den Polarregionen. Das arktische Eis

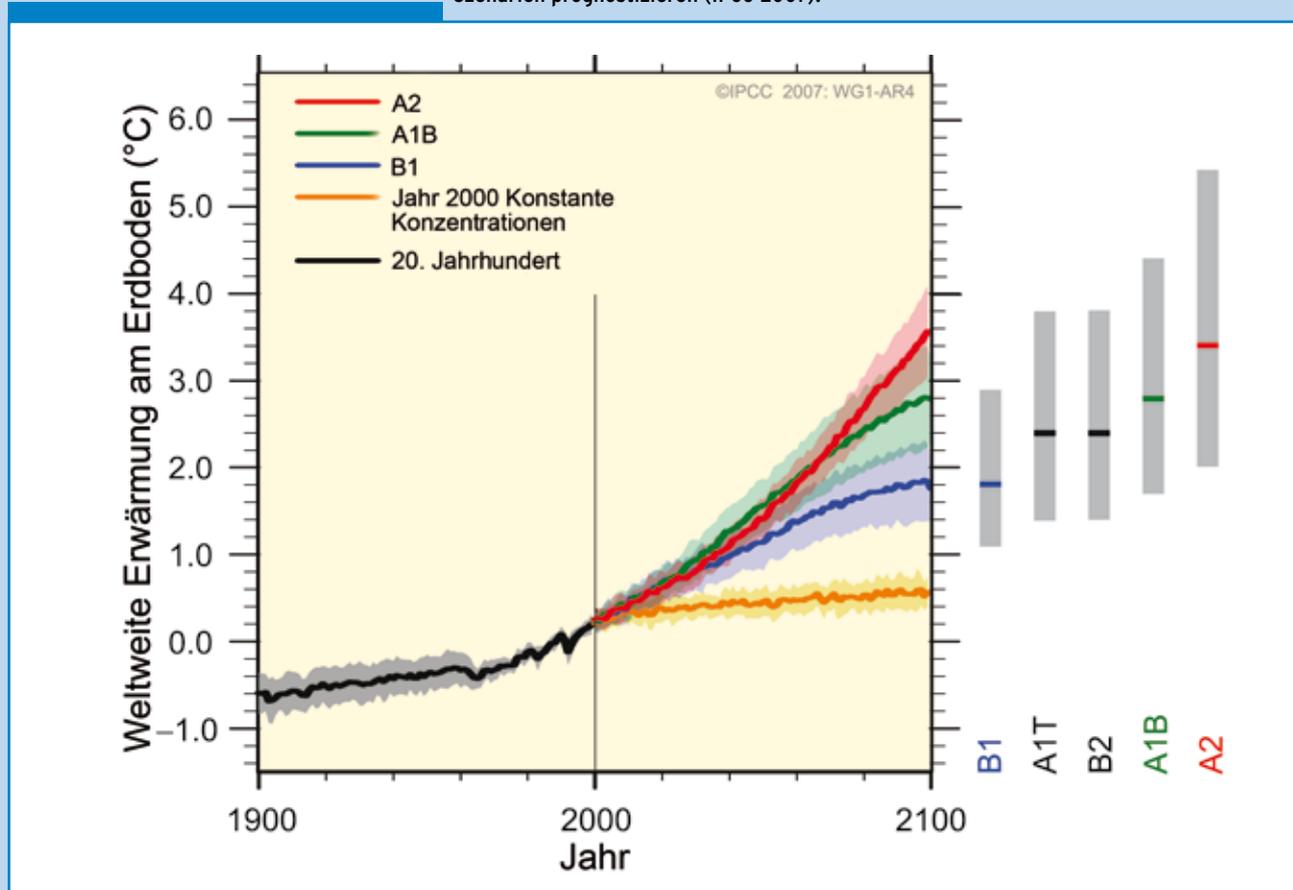
schmilzt weiter, und einige Modelle gehen davon aus, dass es in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts während des Sommers fast ganz verschwindet. Unter anderem dadurch könnte der Meeresspiegel steigen – bis zum Jahr 2100 um 18 bis 59 Zentimeter.

Auch die Stärke und die Verteilung der Niederschläge werden sich sehr wahrscheinlich ändern: Während es in höheren Breiten vermutlich feuchter wird, regnet es in den meisten subtropischen Landregionen weniger. Damit würde sich ein Trend fortsetzen, der bereits zu beobachten ist.

Darüber hinaus berechnen die Klimamodelle voraus, dass Hitzewellen, lokale Starkniederschläge und Wirbelstürme häufiger und noch heftiger werden könnten.

Erwärmung der Erdoberfläche - Szenarien (Abbildung 2)

So stark erwärmt sich die Erdoberfläche in den Szenarien A2, A1B und B1 (siehe Glossar - SRES-Szenarien). Wären die Treibhausgas-Emissionen auf dem Niveau des Jahres 2000 eingefroren worden, wäre die orange Linie zu erwarten gewesen. Die grauen Balken rechts zeigen die wahrscheinliche Bandbreite des Temperaturanstiegs, wie sie die sechs SRES-Szenarien prognostizieren (IPCC 2007).



2.2 Klimawandel in Deutschland

Seit 1901 ist die Durchschnittstemperatur in Deutschland um knapp 0,9 Grad Celsius (°C) gestiegen. Von 1990 bis 1999 registrierten die Meteorologen das wärmste Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts. Vor allem im Südwesten Deutschlands zeigten die Thermometer höhere Werte – im Saarland waren es durchschnittlich 1,2 Grad Celsius mehr im Jahr. Dagegen

wurde in Mecklenburg-Vorpommern nur ein Plus von 0,4 Grad Celsius gemessen.

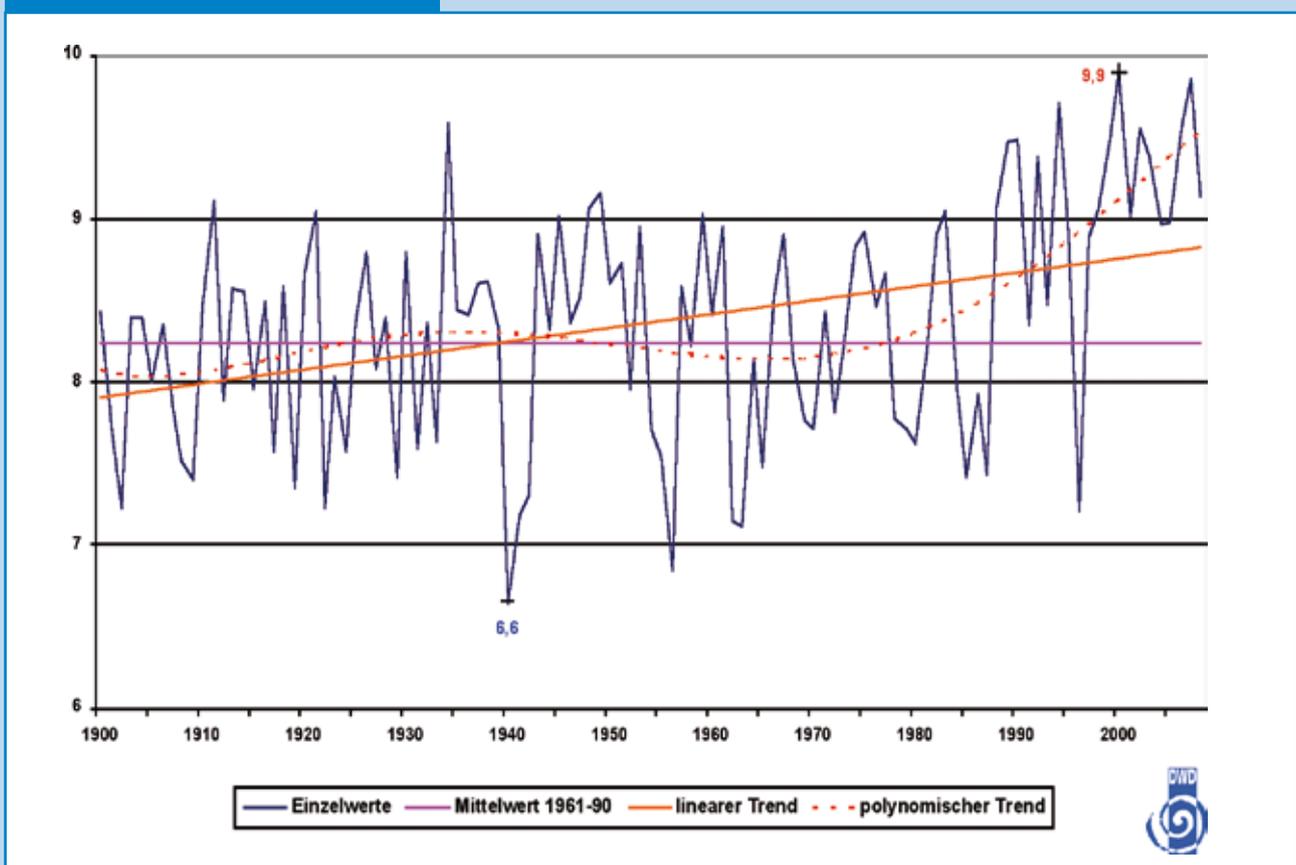
Zudem regnet es inzwischen mehr. Um etwa neun Prozent nahmen die Niederschläge seit Anfang des 20. Jahrhunderts zu, haben die Meteorologinnen und Meteorologen festgestellt. Besonders feucht war es in den vergangenen 15 Jahren – mit nur vier Ausnahmen.

Während heutzutage die Regentonnen im Frühjahr bis zum Juni

wesentlich voller werden als früher, ist es im Juli und August durchschnittlich trockener. Zwar registrierten die Forscherinnen und Forscher in den Wintermonaten ebenfalls mehr Niederschläge – doch das ist wegen der großen Unterschiede von Jahr zu Jahr statistisch noch nicht eindeutig. Bei alledem gibt es regional große Unterschiede. So nahm die Gesamtregenmenge vor allem in Westdeutschland in den letzten Jahren zu, während sie sich in Ostdeutschland kaum verändert hat. Aller-

Entwicklung der Durchschnittstemperaturen 1961 - 1990 in °C (Abbildung 3)

So entwickelte sich die Jahresdurchschnittstemperatur in Deutschland (blaue Kurve), der lineare Trend (orange Linie) und die Trendkurve (gestrichelte rote Linie). Der Mittelwert der Jahre 1961 bis 1990 gilt als Referenzwert, um Abweichungen zu berechnen (rosa Linie).
Quelle: DWD, 2007, www.dwd.de/presse



dings regnet es dort im Winter mehr – und im Sommer weniger.

In Deutschlands Zukunft blicken

Und wie geht es weiter? Die globalen Klimamodelle sind zu grobmaschig, um daraus genaue regionale Vorhersagen abzuleiten. Mindestens 120 Kilometer breit ist die horizontale Gitterweite, manchmal betragen die Abstände sogar mehr als 200 Kilometer. Deshalb

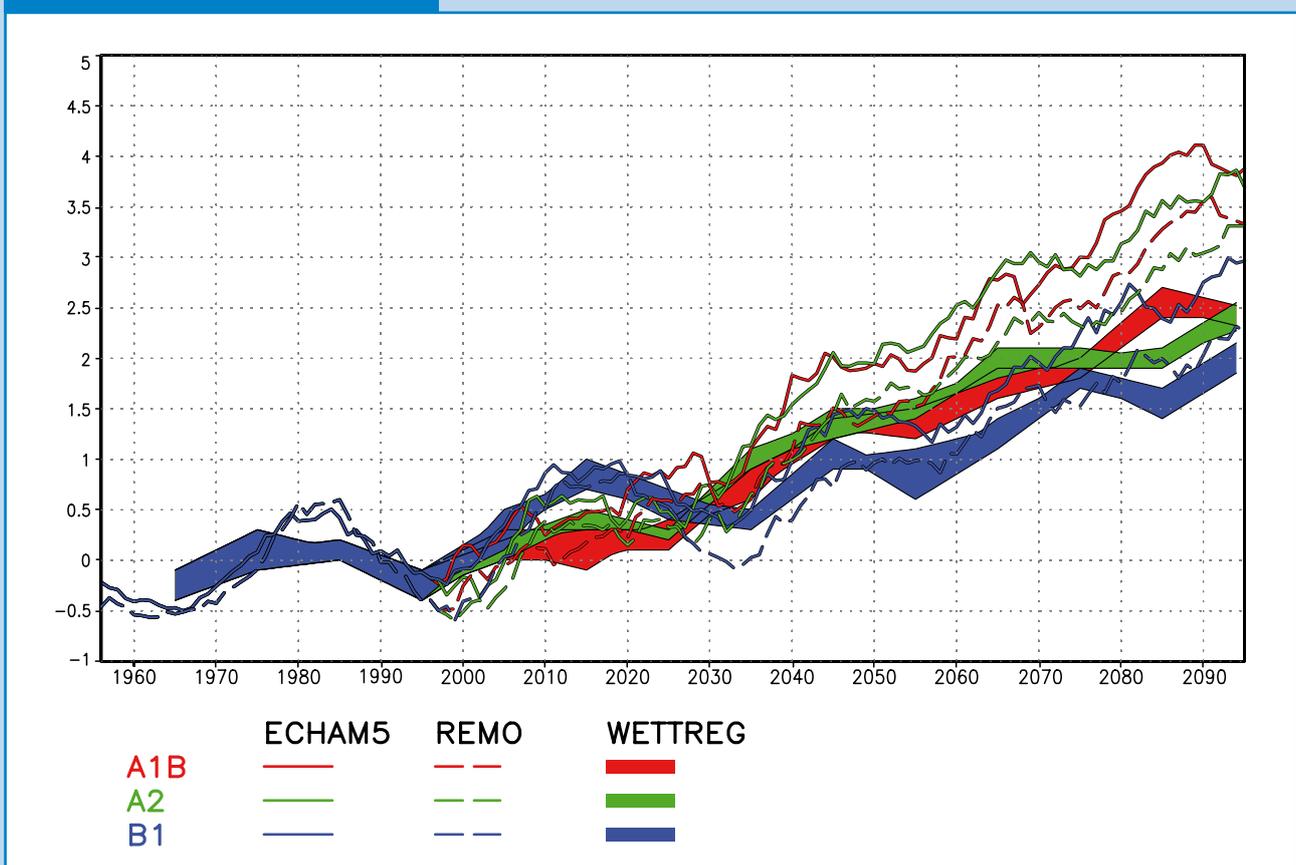


werden auch Verfahren zur Regionalisierung eingesetzt. Einige übertragen beobachtete Klimainformationen von Klimastationen in die Zukunft, andere verfeinern die weltweiten Berechnungen mit Hilfe von physikalisch-numerischen Verfahren auf ein kleine-

res räumliches Gitter mit Abständen von bisher minimal zehn Kilometern. Für Deutschland werden heute die vier regionalen Klimamodelle REMO, CLM, WETTREG und STAR (siehe Glossar – Regionales Klimamodell) genutzt.

Erwärmung der Erdoberfläche in °C – Szenarien (Abbildung 4)

So ändert sich nach Berechnungen der Regionalmodelle REMO und WETTREG die Jahresmitteltemperatur in Deutschland in den Szenarien A2, A1B und B1 (siehe Glossar – SRES-Szenarien) – verglichen mit dem Mittelwert aus den Jahren 1961 bis 1990. Das Globalmodell ECHAM 5 liefert die Eingangsdaten.



Welchen Temperaturanstieg die zwei regionalen Klimamodelle (REMO und WETTREG) für Deutschland erwarten, zeigt Abbildung 4. Die Klimawissenschaftlerinnen und -wissenschaftler haben dabei jeweils mit den gleichen drei Emissionsszenarien des Weltklimarats gerechnet, so dass die Ergebnisse vergleichbar sind. Der Trend ist eindeutig: Es wird sehr wahrscheinlich insbesondere im Winter wärmer. Um wie viel Grad hängt vor allem davon ab, wie stark die Menschheit das Treibhaus Erde weiter anheizt. Die Experten rechnen im Jahresdurchschnitt mit einem Plus von 0,5 bis 1,5 Grad Celsius für den Zeitraum 2021 und 2050. In den letzten 30

Jahren des Jahrhunderts könnten es dann sogar 1,5 bis 3,5 Grad mehr sein als im Referenzzeitraum 1961 bis 1990.

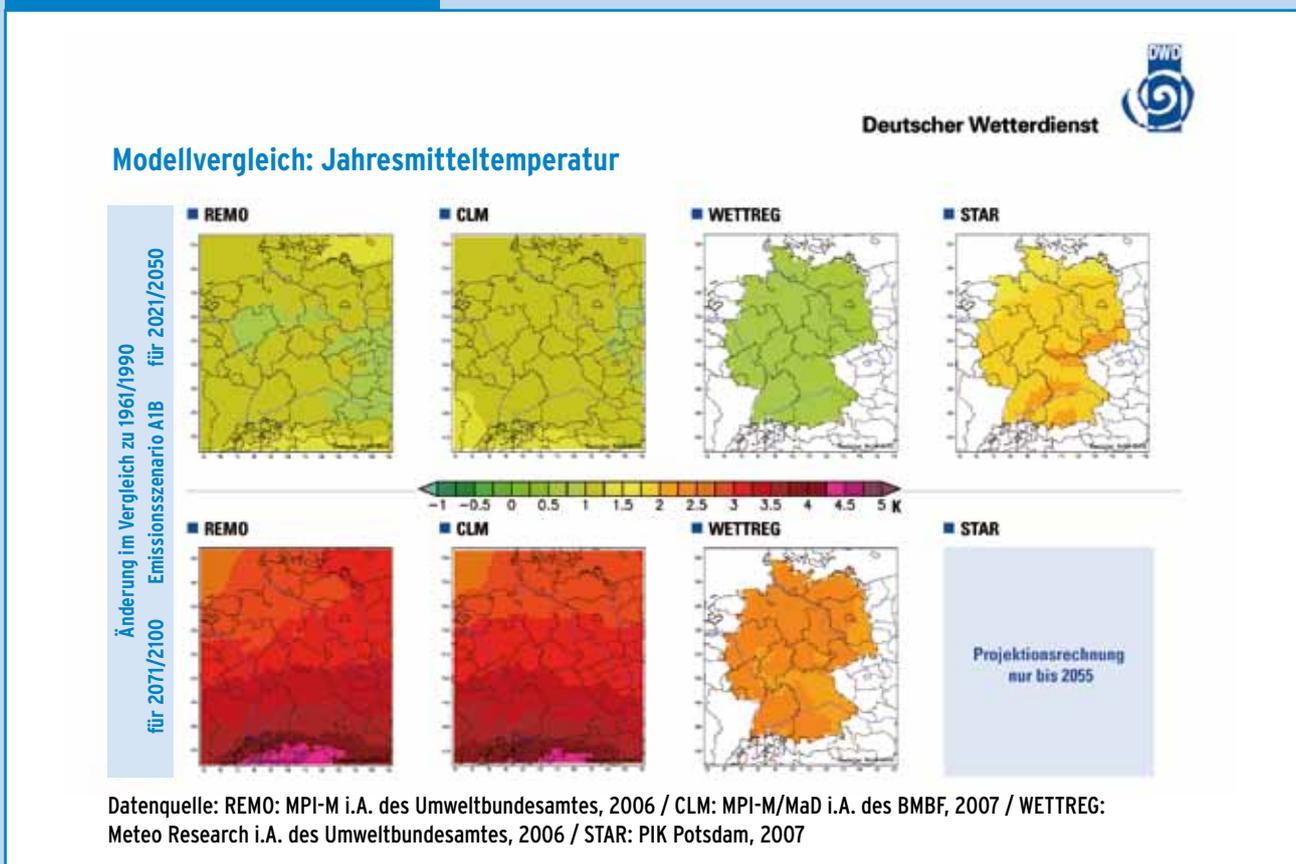
Besonders deutlich könnte sich der Klimawandel bei den Niederschlägen bemerkbar machen. Vermutlich bleiben die Mengen zwar aufs Jahr gerechnet einigermaßen konstant. Doch im Sommer kann es künftig bis zu 40 Prozent weniger regnen. Davon besonders stark betroffen könnte erneut der Südwesten sein. Der Winter könnte dagegen – je nach Modell – null bis 40 Prozent mehr Niederschlag bringen. Das Modell WETTREG geht sogar davon aus, dass in den Wintern zum Ende dieses Jahrhun-

derts in den Mittelgebirgsregionen von Rheinland-Pfalz, Hessen und im Nordosten Bayerns bis zu 70 Prozent mehr Wasser vom Himmel kommen könnte.

Die Vergleichsstudien von WETTREG und REMO nehmen an, dass das Thermometer künftig an dreimal so vielen Tagen über 30 Grad zeigen könnte wie zwischen 1961 und 1990 (siehe www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/index.htm). Außerdem erwarten die Experten, dass Wolkenbrüche künftig noch mehr Regen bringen könnten als heute. Bei Stürmen sind sie sich noch zu unsicher, um klare Aussagen zu treffen.

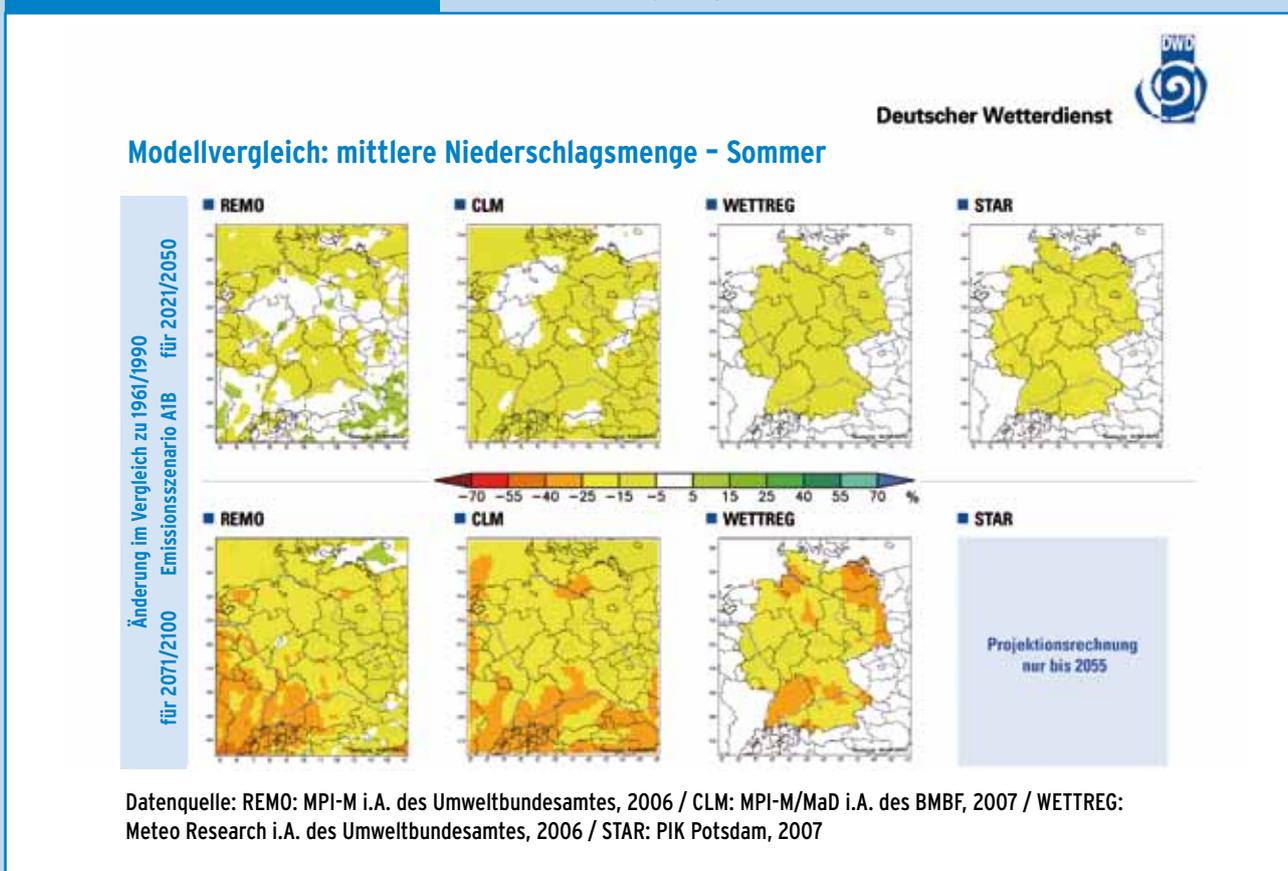
Vergleich der Modellrechnungen: Jahresmitteltemperatur (Abbildung 5)

So ändern sich laut den regionalen Klimamodellen REMO, CLM, WETTREG und STAR die jährlichen Durchschnittstemperaturen, wenn die Menschheit so viele Klimagase ausstößt wie im Szenario A1B. Die oberen Bilder zeigen die Berechnungen für die Periode 2021 bis 2050, die Bilder unten für den Zeitraum 2071 bis 2100. Der Nullpunkt errechnet sich wieder aus dem Referenzzeitraum 1961 bis 1990.

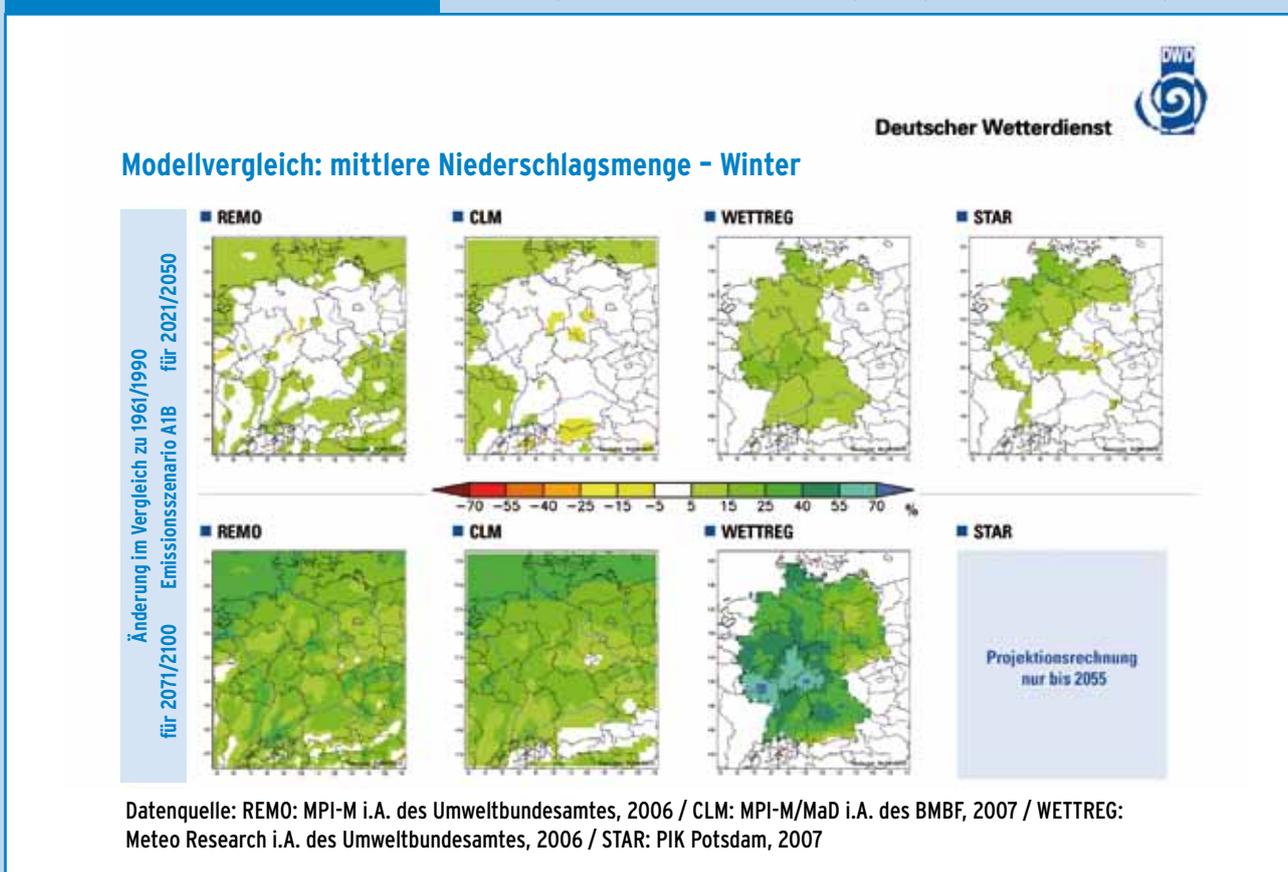


Modellvergleich: Mittlere Niederschlagsmenge im Sommer (Abbildung 6)

So könnten sich in den regionalen Klimamodellen REMO, CLM, WETTREG und STAR die sommerlichen (Abb. 6) und winterlichen (Abb. 7) Niederschlagsmengen ändern, wenn die Menschheit so viele Klimagas in die Luft abgibt wie im Szenario A1B. Die oberen Bilder zeigen die Prognosen für die Zeit von 2021 bis 2050, die Bilder unten für den Zeitraum von 2071 bis 2100. Als Nullpunkt gelten die Mittelwerte der Jahre 1961 bis 1990.



Modellvergleich: Mittlere Niederschlagsmenge im Winter (Abbildung 7)



2.3 Mit Unsicherheiten umgehen

„Prognosen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen“, soll schon der Schriftsteller Mark Twain gesagt haben. Wer über die Zukunft spricht, hat stets Unsicherheiten zu berücksichtigen. Bei den globalen und regionalen Klimamodellen bedeutet das: Mehrere schwer abzuschätzende Faktoren könnten sich letztendlich gegenseitig ausgleichen – oder auch aufaddieren.

Wie viele Treibhausgase künftig in die Atmosphäre gelangen werden, hängt von vielen Einflüssen ab und ist insofern nicht vorhersehbar. Hier spielt hinein, wie sich Bevölkerung, Wirtschaft und Energiepreise entwickeln, wie das Land genutzt wird und inwieweit sich Technologien für geringen Treibhausgas-Ausstoß durchsetzen können. Auch ist derzeit nicht sicher zu bestimmen, wie klimawirksam verschiedene Treibhausgas-Emissionen tatsächlich sind.

Um mit diesen Unsicherheiten umzugehen und dabei handlungsfähig zu bleiben, wurden Emissionsszenarien vereinbart, die der Weltklimarat definiert hat. Diese Szenarien beschreiben mögliche Entwicklungen der menschlichen Gesellschaft und unserer Umwelt. Sie bilden die Randbedingungen für die Klimamodellierung. Doch klar ist: Die Modelle können immer nur Annäherungen an die Wirklichkeit sein, denn das echte Klima ist weitaus komplizierter. Sämtliche Faktoren des Systems „Klima“ abzubilden ist unmöglich.

Je ferner man in die Zukunft blickt und je kleiner der regionale Ausschnitt ist, desto unsicherer werden die Prognosen. Dagegen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, die Wirklichkeit zu treffen, wenn mehrere Modelle übereinander gelegt werden können. In Deutschland gibt es immerhin vier Regionalmodelle, mit denen jeweils drei Emissionsszenarien durchgerechnet wurden. Weitere Berechnungen werden folgen.

Wie geht die Bundesregierung vor?

Die Bundesregierung wird bei ihren Planungen und Entscheidungen die Spannweiten und Unsicherheiten einkalkulieren und sich nicht auf einzelne Modellergebnisse stützen. Eine Zusammenschau von verschiedenen Modellierungsergebnissen wird die Basis für Entscheidungen bieten. Der globale Wandel vollzieht sich durch gesellschaftliche Änderungen und den Klimawandel sehr rasch. Daher ist es künftig nicht mehr sinnvoll, von der Vergangenheit auf die Zukunft zu schließen, wie es bisher ausreichte. Wahrscheinliche und mögliche Entwicklungen müssen jetzt mitbedacht werden. Die Bundesregierung wird Anpassung so anlegen, dass sie auch bei unterschiedlichen Entwicklungen des Klimas mit hoher Wahrscheinlichkeit ihr Ziel erreicht.





So sollte künftig geplant werden – zum Beispiel in der Wasserwirtschaft

Zu bevorzugen sind Maßnahmen, die flexibel sind und bei denen nachgesteuert werden kann. So sollte der technische Hochwasserschutz – zum Beispiel durch Deiche – durch Hochwasservorsorge ergänzt werden. Dazu gehört, in überschwemmungsgefährdeten Bereichen hochwasserangepasst zu bauen, Regenwasser zu versickern und Hochwasser-Warnsysteme einzurichten.

Außerdem sollte gefördert werden, was Extremereignisse wie Hoch- und Niedrigwasser abmildert. Dies ist möglich, wenn alte Flussarme wieder angeschlossen oder Deiche rückverlegt werden.

Schließlich sind Synergien anzustreben – also zu nutzen, dass unterschiedliche Faktoren zusammenwirken und eine Maßnahme in unterschiedlichen Bereichen eine gewünschte Wirkung bringt. Dem Wasser mehr Raum zu geben, indem Flächen von Bebauung oder Versiegelung freigehalten werden, fördert beispielsweise die Grundwasserneubildung. Zugleich trägt dies aber auch dazu bei, dass ein Hochwasser nicht noch zusätzlich durch den direkten Abfluss von versiegelten Flächen genährt wird oder dass keine zusätzlichen Werte wie Häuser oder Unternehmen in Überschwemmungsgebieten angesiedelt werden.



Donau mit altem Flussarm



DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS – WAS KANN GETAN WERDEN?







Der Klimawandel zeigt sich in vielfältiger Form

- ▶ Manche Veränderungen durch den Klimawandel entwickeln sich stetig und sind daher überwiegend mittelfristig spürbar: Bäume blühen zeitiger im Jahr, und Vögel brüten früher. In vielen Regionen müssen die Menschen im Winter bereits weniger heizen.
- ▶ Starkregen, Stürme und Sturmfluten, extreme Hitze- und lange Trockenperioden werden voraussichtlich häufiger und extremer auftreten als früher und können zu mehr Hoch- oder Niedrigwasser, Waldbränden und Hitzestress führen.
- ▶ Schließlich ist mit einer zunehmenden Klimavariabilität (siehe Glossar – Klimavariabilität) zu rechnen. Das bedeutet, dass die zeitlichen und räumlichen Schwankungen des Klimas zunehmen. Auch das kann kurzfristig enorme Schäden verursachen, wenn Dürren beispielsweise in so kurzen Abständen auftreten, dass sie Land- und Forstwirtschaft überfordern.

Die Folgen des Klimawandels sind regional sehr unterschiedlich und können sich negativ, aber durchaus auch positiv auswirken. Anhaltende Trockenperioden bedrohen einerseits Ernten, andererseits gedeihen aufgrund neuer klimatischer Bedingungen jetzt auch Sorten, für die es vorher zu nass oder zu kalt war. An der deutschen Nord- und Ostseeküste wird mit durchschnittlich höheren Temperaturen gerechnet, und die Tourismusbranche geht von einer längeren Saison aus. Gleichzeitig ist die Wintersaison in den Alpen durch Schneemangel gefährdet, andere Arten des Tourismus geraten hier in den Blickpunkt.

Wie sich Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt entwickeln, hängt allerdings nicht allein vom Klimawandel ab, sondern ebenso

von anderen langfristigen Veränderungen, zum Beispiel der Bevölkerungsentwicklung oder der Siedlungsstruktur. Da sich solche Faktoren auch wechselseitig beeinflussen, gilt es, dies in den verschiedenen Politikbereichen un-



bedingt zu berücksichtigen. Die Auswirkungen des Klimawandels müssen gesamtheitlich betrachtet und Lösungen ebenso erarbeitet werden. Orientierungspunkt sollte dabei stets die Nachhaltigkeit sein, das heißt solche Lösungen zu finden, die gleichzeitig für Natur, Gesellschaft und Wirtschaft zukunftsfähig sind.

3.1 Auswirkungen auf Natur und Gesellschaft

Der Klimawandel kann vielfältige Auswirkungen haben. Bisher können diese Folgen oft nur qualitativ – also nicht mit messbaren Daten – beschrieben oder aber durch Modellannahmen vorhergesagt werden. Um Veränderungen nachzuweisen, ist deshalb ein auf Dauer angelegtes Klimafolgen-Monitoring notwendig. Ob Anpassungsmaßnahmen erfolgreich sind, lässt sich ebenfalls nur durch zuverlässige Datenreihen kontrollieren.

Bundesländer haben ein Biomonitoring-System entwickelt

Unter der Federführung von Schleswig-Holstein, Baden-Württemberg und Hessen haben die Bundesländer ein Klima-Biomonitoring-System entwickelt. Es soll zum einen helfen, dass Frühwarnsignale wahrgenommen werden. Zum anderen können Verbände oder andere Interessierte Datensammlungen und Auswertungen nutzen, um damit anschließend weiterzuarbeiten.

Das Konzept wurde im Jahr 2006 mit allen Bundesländern, dem Umweltbundesamt, dem Bundesamt für Naturschutz und dem Deutschen Wetterdienst abgestimmt. Die erprobten und abgesicherten Beobachtungsmethoden sind eine solide und gut geeignete Grundlage für die Praxis. In mehreren Bundesländern laufen bereits konkrete Projekte.

Unsere Gesundheit

Durch den Klimawandel können möglicherweise sowohl Infektionen als auch nicht übertragbare Krankheiten wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Allergien zunehmen. Darüber hinaus ist zu befürchten, dass mehr Menschen verletzt werden, wenn extreme Wetterereignisse – wie Stürme und Hochwasser – häufiger auftreten.

Infektionen breiten sich aus

In einem milden Klima können sich nicht nur bereits vorhandene Krankheitserreger besser ausbreiten. Auch bisher in Deutschland nicht heimische Erreger könnten sich hier neu ansiedeln. Bei steigenden Temperaturen verderben Lebensmittel außerdem schneller und führen so häufiger zu Magen-Darm-Infektionen – etwa durch Salmonellen.

Bereits vorhandene Krankheitserreger, die sich möglicherweise in einem milderen Klima besser ausbreiten, sind Hantaviren, die von Nagetieren, oft durch Rötelmäuse, übertragen werden. Eine Ansteckung beispielsweise über die Ausscheidungen der Tiere kann zu Fieber bis hin zu Nierenversagen führen. Ein anderes Beispiel sind Borrelien oder Frühsommer-Meningo-Enzephalitis-Viren (FSME-Viren), deren Überträger Zecken sind. Diese finden bei wärmeren Jahrestemperaturen günstigere Lebensbedingungen vor.

Wärmeres Klima kann auch dazu führen, dass sich zum Beispiel die „asiatische Tigermücke“ bei uns etabliert – sie überträgt unter anderem das Dengue-Fieber. Auch der durch Sandmücken übertragene Krankheitserreger der Leishmaniose wurde bereits nachgewiesen.

Extremwetter und nicht übertragbare Krankheiten

Starkniederschläge, Hochwasser, Stürme, Lawinen und Erdbeben können Menschen verletzen oder sogar töten. Im Hitzesommer 2003

starben allein in Deutschland rund 7.000 Menschen an Herzinfarkt, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Nierenversagen, Atemwegsproblemen und Stoffwechselstörungen als Folge der hitzebedingten Belastungen.

An der Ostseeküste und in Binnenseen fördern milde Temperaturen, verknüpft mit Nährstoffanreicherungen, die Blüte giftiger Blaualgen. Durch den Kontakt mit den Blaualgen können nicht nur Haut-, Magen- und Darmirritationen, sondern unter Umständen sogar schwere Gesundheitsschäden an der Leber auftreten.



Weiterhin möglich wäre als Folge des Klimawandels ein weiterer Anstieg allergischer Erkrankungen, insbesondere aufgrund einer veränderten Verteilung von Pollen. Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz hat 2007 einen Aktionsplan gegen Allergien gestartet, um den Alltag von Allergikerinnen und Allergikern zu erleichtern. Hier ist allen voran das vom Julius-Kühn-Institut (JKI) koordinierte Programm Ambrosia zu nennen (siehe www.jki.bund.de/ambrosia).

Es ist auch mit einem verstärkten Auftreten von Atembeschwerden zu rechnen, die durch bodennahes Ozon während sommerlicher Hochdruck-Wetterlagen begünstigt werden. Darüber hinaus könnte sich das Risiko für Hautkrebs

aufgrund einer verstärkten Sonneneinstrahlung erhöhen. Nicht zuletzt beeinträchtigen auch negative Veränderungen von Erholungsräumen und des Stadtklimas das Wohlbefinden. Inwieweit allerdings die Erwärmung der Atmosphäre tatsächlich einen Einfluss auf nicht übertragbare Krankheiten in Deutschland hat oder in Zukunft haben wird, ist zum jetzigen Zeitpunkt noch unbekannt.

Vorsorge braucht Information

Um Gefahren durch eingeschleppte Krankheitserreger in den Griff zu bekommen, müssen Fachbehörden und Forschungsinstitutionen zusammenarbeiten und gemeinsam vorsorgen. Dabei sind nicht

nur die bestehenden Überwachungssysteme anzupassen, sondern es geht auch darum zu verstehen, wie sich klimasensitive Krankheitserreger oder deren Überträger bei uns verhalten und ausbreiten. Darauf aufbauend müssen die Expertinnen und Experten überlegen, wie sie solche Infektionen besser erkennen können, wie sie infizierte Menschen am besten behandeln und ob sich möglicherweise Impfstoffe entwickeln lassen.

Bei den nicht übertragbaren Krankheiten ist zu beachten, dass sie in der Regel nicht allein den Folgen des Klimawandels zugeschrieben werden dürfen. Auch der persönliche Lebensstil und das eigene Gesundheitsverhalten wie Ernährungs- und Bewegungsgewohnheiten, Tabak- und Alkoholkonsum oder die Lärmbelastung im Wohngebiet beeinflussen die individuelle Gesundheit. Um die negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit abschätzen und wirksame Maßnahmen ergreifen zu können, gilt es daher, gezielt Daten zu erheben und diese auszuwerten sowie die wichtigen Ergebnisse an Fachleute und die Öffentlichkeit zu vermitteln.

Bund und Länder sollten darüber hinaus sowohl die Bevölkerung allgemein sowie einzelne Risikogruppen – wie Kinder und Ältere – als auch Multiplikatoren wie das medizinische Personal, Pflegekräfte und die Beschäftigten im Katastrophenschutz über grundsätz-



Vorsorgeuntersuchung gegen Hautkrebs



liche Vorsorgemöglichkeiten gegenüber Folgen des Klimawandels informieren. Zum Beispiel sollte verstärkt darüber aufgeklärt werden, wie Hitzeschäden am besten zu vermeiden sind. Das Robert-Koch-Institut beschäftigt sich im Auftrag des Bundes mit diesen Fragen. Darüber hinaus werden die Auswirkungen des Klimawandels im Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit (APUG) aufgegriffen. Dieses Aktionsprogramm wird von den drei Bundesministerien getragen, die für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz zuständig sind (www.apug.de). Insbesondere die Information der Öffentlichkeit und eine verbesserte Zusammenarbeit der zuständigen Stellen sind zentrale Zielsetzungen des Programms.

Gut funktionierende Frühwarnsysteme mindern die Risiken, dass

Menschen zu Schaden kommen. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) informiert die Länder und bei Bedarf auch die Landkreise über bevorstehende Hitzeperioden oder drohenden Starkregen. Damit die Nachrichten rechtzeitig in Krankenhäusern, Kindertagesstätten und beim Katastrophenschutz ankommen, muss der Informationsfluss noch weiter verbessert werden.

Gesundheit braucht eine gute Umgebung

Architektur sowie Stadt- und Landschaftsplanung haben einen großen Einfluss darauf, ob sich die Wärme – vor allem in bebauten Gebieten – staut. Um Hitzestress zu verhindern, sollten insbesondere in Ballungszentren offene, unverbaute Frischluftkorridore existieren. Auch Grünanlagen wirken

wie „Kälteinseln“. Deshalb sollten Kommunen darauf verzichten, Freiflächen durch neue Straßen, Parkplätze und Häuser zu versiegeln.

Darüber hinaus müssen insbesondere Krankenhäuser sowie Pflege- und Seniorenheime dafür sorgen, dass ihre Gebäude ausreichend gegen Kälte und Hitze gedämmt sind und sie über klimafreundliche – also möglichst passive – Kühlmöglichkeiten verfügen.



Niedrigenergiehaus in Nordrhein-Westfalen

Bauwesen

Lang anhaltende Hitzewellen, Wolkenbrüche und schwere Stürme – all das kann Häuser, Brücken, Straßen und Abwasserkanäle unmittelbar gefährden. Was dagegen häufiger auftretende feuchte Winter und mehr Sonneneinstrahlung im Sommer für Bauten bedeuten, lässt sich zurzeit noch nicht abschätzen. Außerdem wird künftig eine stärkere Rolle spielen, wie belastbar und flexibel bestimmte Baustoffe zum Beispiel gegenüber Hitze reagieren. Darauf muss nicht nur bei Neubauten geachtet werden. Auch der Bestand ist kritisch unter die Lupe zu nehmen.

100 Jahre weiter denken

Bauplanung, -technik und -ausführung haben in Deutschland hohe Standards. Dabei gibt es für unterschiedliche Regionen und Standorte unterschiedliche Vorgaben – je nachdem, wie stark das Klima bestimmte Konstruktionen beansprucht. Sollte sich hier etwas ändern, können die jeweiligen Bestimmungen zügig angepasst werden. Ungeachtet dessen wird bei DIN-Normen ohnehin alle fünf Jahre geprüft, ob sie überarbeitet werden müssen.

Allerdings orientieren sich auch die Normen im Bauwesen derzeit

an beobachteten Daten aus der Vergangenheit. Prognosen über künftige Entwicklungen werden bisher nicht berücksichtigt. Weil Gebäude und Einrichtungen der Infrastruktur aber oft mehr als hundert Jahre genutzt werden, sollten Bund und Länder die Normen in Hinblick auf den Klimawandel anpassen.

Darüber hinaus sollten die möglichen Folgen des Klimawandels auch berücksichtigt werden, wenn man neu plant oder technische Geräte für ein Gebäude einkauft. Während voraussichtlich im Winter auch künftig – wenn auch in geringerem Maße als bisher – geheizt werden muss, sind wahrscheinlich im Sommer vor allem Dachgeschosswohnungen vor Überhitzung zu schützen. Dämmung und Verschattungselemente sollten vorgesehen werden. Zusammen mit einer optimalen Gebäudeausrichtung können sie die Temperaturen auch bei starker Hitze in erträglichem Rahmen halten, so dass auf energieintensive Klimaanlage verzichtet werden kann. Zukunftsweisend sind auch kontrollierte Lüftungssysteme, wie es sie in Passivhäusern heute schon gibt.



Schwimmendes Haus

Wasserhaushalt, Küsten- und Meeresschutz

Der Wasserhaushalt in Deutschland könnte künftig auf vielfältige Weise vom Klimawandel betroffen sein: Es ist mittelfristig mit Veränderungen bei den Wassermengen und der Gewässergüte zu rechnen. Veränderte Regen- und Schneemengen übers Jahr führen zu veränderten Grundwasserständen und veränderten Abflussmengen. Ändert sich der Wasserstand in den Flüssen und Bächen, beeinflusst das außerdem die Wasserqualität – was wiederum wegen der Fische und anderer Lebewesen wie auch hinsichtlich der Aufbereitung von Trinkwasser zu beachten ist. Hinzu kommt ein wahrscheinlich steigendes Risiko durch Extremereignisse wie Hochwasser, Sturmfluten oder Dürren. Und schließlich könnten sich dadurch die bereits bestehenden regionalen Unterschiede, wie viel Wasser zur Verfügung steht, verstärken.

Das Zusammenspiel der Gewässernutzungen ist komplex. Folglich sind auch die Erfordernisse vielfältig, wie sich Wasserwirtschaft, Hochwasser- und Küstenschutz an den Klimawandel anpassen müssen. Für den Vollzug zuständig sind für alle diese Bereiche die Bundesländer.



Deichbau an der Elbe

Folgen für den Wasserhaushalt

- ▶ Häufigere und heftigere **Starkniederschläge** werden erwartet. Das Hochwasserrisiko steigt damit voraussichtlich. Und wenn es künftig weniger schneit, fließen die winterlichen Niederschläge rascher ab. Auch Sturmfluten könnten zunehmen.
- ▶ Aufgrund der prognostizierten zunehmenden, meist sommerlichen **Trockenheiten** könnten Flüsse und Bäche häufiger wenig Wasser führen. Frühere Schneeschmelzen in den Alpen verringern in Rhein und Donau den Ausgleich der Niedrigwasserzeiten während der Sommermonate. Neben ökologischen Schäden sind auch Probleme für die Kühlwasserversorgung und die Schifffahrt zu erwarten.
- ▶ Die **Wasserqualität** von Grund- und Oberflächenwasser ist bedroht. Starkregen und Hochwasser können Pestizide, Dünger, Industriechemikalien und Krankheitserreger aus Kanalisationen in Gewässer schwemmen.
- ▶ Wenn sich die **Flüsse und Seen** erwärmen, sinkt ihr Sauerstoffgehalt. Für darin lebende Tiere und Pflanzen bedeutet dies Stress – zusätzlich zum ohnehin schon niedrigen Wasserstand. Außerdem lösen sich bei höheren Temperaturen leichter Schadstoffe, die vorher an Sedimente gebunden waren.
- ▶ Es ist nicht auszuschließen, dass es zeitlich und regional begrenzt zu Engpässen bei der **Trinkwasserversorgung** kommt. Auch ein höherer Aufwand bei der Aufbereitung ist einzukalkulieren.

Flussgebiete bewirtschaften

Die europäische Wasserrahmenrichtlinie hat zum Ziel, den guten Zustand aller Gewässer zu erreichen. Dazu ist eine integrierte Bewirtschaftung von Flussgebieten festgelegt, die sowohl den Schutz als auch die Nutzungen der Gewässer einbezieht – auch über Staatsgrenzen hinweg. Ob die bereits bestehenden Monitoring-Programme der Wasserrahmenrichtlinie ausreichen, die Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässer zu erfassen, muss noch geprüft werden. Die ebenfalls europäische Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie hat zum Ziel, die Risiken, die durch Überflutungen und Hochwasser entstehen können, zu verringern und Schäden zu mindern.

Wer in den Flussgebieten über Bewirtschaftungspläne, Hochwassermanagementpläne und ent-

sprechende Maßnahmenprogramme zu entscheiden hat, sollte aufgrund der bestehenden Unsicherheiten diejenigen Alternativen wählen, die bei unterschiedlichen Klimafolgen gut und sicher funktionieren und die die natürliche Anpassungsfähigkeit der Gewässer erhalten oder stärken. Dazu gehört zum Beispiel, Auen zu renaturieren oder Rückhalteflächen für Hochwasser auszuweisen. Ein wichtiger Schritt in Richtung Anpassung soll mit dem neuen Wasserhaushaltsgesetz gemacht werden. In dem Gesetz soll festgelegt werden, dass eine Mindestwasserführung in Flüssen und Bächen gewährleistet werden muss. Das könnte auch dazu führen, dass die Entnahme von Wasser zeitweise eingeschränkt wäre.

Der Bund unterstützt Forschungsvorhaben, um die Wasserrahmenrichtlinie und die Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie mög-

lichst gut umzusetzen. Ferner koordiniert der Bund die deutsche Position in den internationalen Flussgebieten, an denen Deutschland Flächenanteile besitzt – Donau, Rhein, Oder, Ems, Elbe, Maas und Mosel. Der Bund unterstützt zudem die Länder durch die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK), damit sie Maßnahmen im Binnenland und an der Küste umsetzen können. Darüber hinaus fördert der Bund Küstenschutzmaßnahmen, die durch den Klimawandel notwendig werden, im Zeitraum von 2009 bis 2025 mit zusätzlichen 380 Millionen Euro.

Infrastruktur anpassen

Wie angemessene Kanalsysteme, Wasserspeicher und Anlagen zur Trinkwasseraufbereitung künftig aussehen, hängt von vielen Faktoren ab. Neben dem Klimawandel ist auch zu beachten, wie sich die Bevölkerung entwickelt oder wie künftig die Landflächen genutzt werden. Ziel muss es sein, zu vermeiden, dass in Trockenzeiten Versorgungsengpässe auftreten, das Wasser verkeimt oder Mischkanalisationen, die häusliche Abwässer und Abfluss von versiegelten Flächen abführen, bei Starkregen überlaufen. Um das zu verhindern, sieht der Entwurf des neuen Wasserhaushaltsgesetzes vor, dass Niederschlagswasser künftig ortsnah versickert, verrieselt oder über eine Kanalisation ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer eingeleitet wird. Talsperren und Rückhaltebecken



speichern nicht nur Trinkwasser, sondern erzeugen oft auch Strom. Außerdem lassen sich mit ihnen die Wasserstände talabwärts regulieren, so dass Niedrig- und Hochwassersituationen ausgeglichen werden können. Damit auch in Zeiten des Klimawandels all das möglich bleibt, müssen Talsperren entsprechend zeitlicher und räumlicher Anforderungen betrieben werden.

Wasser effizient nutzen

Insgesamt wird es in Deutschland auch künftig genug Wasser geben. Allerdings kann es in manchen Gegenden vorkommen, dass es eine Weile lang zu wenig Grundwasser oder Oberflächenwasser gibt, um gleichzeitig alle Nutzer zufrieden zu stellen. In diesen Fällen kann es sinnvoll sein, die Nachfrage besser zu koordinieren. Grundsätzlich sollten Unternehmen und Kraftwerke für ihre Produktion oder die Kühlung prüfen, ob Techniken verwendet können, die Wasser effizient verwenden, oder ob beispielsweise Regenwasser für Produktionsabschnitte in der Industrie genutzt werden kann. Auch in der Landwirtschaft existieren längst Methoden für eine verlustarme Bewässerung. Außerdem kann gereinigtes und mikrobiologisch einwandfreies Abwasser auf Felder gebracht werden.

Vorsorge gegen Hochwasser unterstützen

Starkregen lässt sich weder verhindern noch lässt sich die genaue Zeit oder der exakte Ort vorhersagen, wann und wo der Starkregen niederprasselt. Oft bleibt ein Straßenzug weiter entfernt vollkommen trocken. Deshalb ist es wichtig, im Vorfeld zu klären, wie sich die Leute im Fall von kurzfristigen Überschwemmungen am besten verhalten und wie sie vorsor-



gen können. Die Bundesregierung kann die unterschiedlichen Akteure und die Bevölkerung allgemein informieren. Im besten Fall aber stellen die Gemeinden und Städte vor Ort fest, wo es konkrete Gefahrenstellen gibt. Und sie informieren Bürgerinnen, Bürger und Betriebe darüber, was sie beitragen können, um diese Gefahren vorsorglich zu entschärfen, und was sie bei Starkregen am besten tun sollten. Darüber hinaus können Satzungen vorschreiben, Rückstauklappen für Gebäudeanschlüsse einzubauen. Auch kann es erforderlich sein, die Kanalisation umzubauen, um Überflutungen zu verhindern.

Meere weltweit schützen

Das Treibhausgas Kohlendioxid in der Atmosphäre ist ein Grund dafür, dass die Meere wärmer werden, versauern und der Meeresspiegel ansteigt. Hierdurch werden Ökosysteme verändert und viele Arten beeinträchtigt. Alle Maßnahmen, die den Treibhausgasausstoß reduzieren, dienen damit auch dem Meeresschutz. Sie sind auch deshalb besonders notwendig, weil die Meeres-Ökosysteme insbesondere durch Fischerei und Stoffeinträge ohnehin schon stark belastet sind.

Auch hier greifen europäische und nationale Aktivitäten ineinander: Im Juli 2008 trat die europäische Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie in Kraft. Deutschland hat im Oktober 2008 die Europäische Meereschutzstrategie durch eine Nationale Strategie für die nachhaltige Nutzung und den Schutz der Meere konkretisiert. Zentrales Anliegen dabei ist, alle Politikbereiche einzubeziehen, die in irgendeiner Form die biologische Vielfalt im Meer beeinträchtigen.

Darüber hinaus arbeitet Deutschland im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit zum Schutz von Nordostatlantik (OSPAR) und Ostsee (HELCOM) seit Jahren daran, dem Klimawandel in der Meeresschutzpolitik Rechnung zu tragen. Die Bundesregierung drängt darauf, gut geführte und ausreichend große Schutzgebiete einzurichten. Weil Tiere und Pflanzen dort vor beeinträchtigenden Aktivitäten geschützt werden, können sie dort besser überleben, obwohl die Auswirkungen des Klimawandels hier ansonsten genauso hoch sind. Bund und Länder haben im Rahmen von HELCOM und OSPAR bereits mehrere Regionen benannt, die zum Netzwerk gut geführter Meeresschutzgebiete gehören werden, so wie es auf dem Weltnachhaltigkeitsgipfel in Johannesburg 2002 beschlossen wurde. Bis 2010 sollen diese Rückzugsgebiete eingerichtet sein.

Den Boden beobachten

Wer Veränderungen des Bodens feststellen will, muss regelmäßig messen. Jahrzehntelange Datenreihen sind notwendig, um Klimafolgen zu dokumentieren. Auch für die Erfolgskontrolle braucht man ein solches Monitoring.

Die Qualität von Böden wird schon seit längerem ermittelt – etwa durch die „Bodenzustandserhebung Wald“ (BZE II) oder die Bodenschätzung. Deren Untersuchungsergebnisse liefern eine wichtige Informationsgrundlage, wenn es zu erforschen gilt, wie sich ein bestimmtes Klima auf den Boden auswirkt und welche Anpassungsmaßnahmen sinnvoll sind. Allerdings sind die unterschiedlichen Monitoring-Systeme bisher noch wenig vernetzt und die Daten nicht immer vergleichbar. Bund und Länder sollten gemeinsam dafür sorgen, dass sich das ändert.

Darüber gilt es gezielt weiterzuforschen. Um regional passgenaue Lösungen zu ermöglichen, muss die Wissenschaft prozessorientierte Modelle entwickeln, die aufdecken, wie das Zusammenspiel von Klimaveränderungen, Landnutzung und Boden aussieht (siehe unter „Das Land nachhaltig nutzen“, Seite 54).



Boden

Wie sich Böden entwickeln und was dort wächst, hängt sehr stark vom Klima ab. Mit dem Klimawandel können Starkregen zunehmen, die Temperatur steigt an. Und fegen starke Stürme übers Land, beeinflusst das nicht nur den Nährstoff- und Wasserkreislauf, sondern auch die Millionen von Mikroorganismen, die sich in jedem streichholzschachtelgroßen Stück Erde befinden – und damit Humusbildung, Kohlenstoffbindung und Erosion. Wird das Land und der Boden standortangepasst genutzt, kann das negative Effekte durch den Klimawandel begrenzen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat daher einen neuen Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Landmanagement“ eingerichtet.

Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, Naturschutz und Raumplanung beeinflussen stark, wie der Boden genutzt wird und wie er dadurch beschaffen ist. Um angemessene Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel zu entwickeln, werden geeignete Daten benötigt.

Damit sich verschiedene Nutzer nicht in die Quere kommen, diskutieren Bund und Länder Schutzziele und Anpassungsstrategien und schließen sowohl Vertreterinnen und Vertreter der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft als auch des Naturschutzes sowie der Atmosphären- und Klimaforschung in ihre Arbeiten ein. So sollen bestmögliche Lösungen, die alle Belange angemessen berücksichtigen, entwickelt werden.



Biologische Vielfalt

Der Klimawandel hat die biologische Vielfalt (siehe Glossar – Biologische Vielfalt) oder Biodiversität in den letzten Jahren bereits verändert: Sardinien leben in der Nordsee, Vogel- und Fischschwärme verschieben ihre Reisezeiten und -ziele. Manche Arten breiten sich aus, andere werden seltener oder verschwinden – was wieder Folgen hat für andere. Kurzum: Die vielfältigen Abhängigkeiten in Ökosystemen wandeln sich.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler schätzen, dass in den nächsten Jahrzehnten durch Klimaänderungen bis zu 30 Prozent der derzeit in Deutschland lebenden Tier- und Pflanzenarten aussterben. Gleichzeitig werden sich natürlich zuwandernde oder von

Menschen eingeschleppte Arten ausbreiten.

Negative Folgen sind besonders für viele Pflanzen und Tiere der Gebirgs- und Küstenregionen zu erwarten: Wer bereits oben lebt, kann nicht in noch höhere Lagen ausweichen. Dauerhafte Überflutung und Erosion gefährden das Wattenmeer. Und auch für Arten, die sich auf Feuchtgebiete oder kleinräumige Sonderstandorte spezialisiert haben oder über eine geringe Anpassungsfähigkeit verfügen, sieht es schlecht aus.

Neben den unmittelbaren Effekten des Klimawandels wird sich auch die Landnutzung verändern – und das wirkt sich wiederum stark auf Lebensräume aus. Neue Deiche, eine Ausweitung der landwirtschaftlichen Flächen für nach-

wachsende Rohstoffe und der Bau von Verkehrswegen konkurrieren mit Naturschutzräumen um knappe Flächen. Hier wird es darauf ankommen, dass die Bundesregierung, aber auch staatliche Akteure wie Länder und Kommunen sowie nichtstaatliche Akteure die Ziele der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt sowie des Bundesnaturschutzgesetzes konsequent verfolgen. Darüber hinaus sorgen viele nationale und internationale Gesetze dafür, dass weniger Schad- und Nährstoffe in die Ökosysteme gelangen, weil viele Tier- und Pflanzenarten nicht damit zurechtkommen.

Synergien suchen

Synergien anzustreben heißt zu nutzen, dass unterschiedliche Faktoren zusammenwirken und eine Maßnahme in unterschiedlichen Bereichen eine gewünschte Wirkung bringt. Demzufolge sollten Bund und Länder prüfen, wo sich gegenseitig ergänzendes Zusammenwirken von Naturschutz, Klimaschutz und Klimaanpassung nutzen lässt, um die Biodiversität zu erhalten. So speichern Feuchtgebiete oder Moore nicht nur Kohlendioxid (CO₂), sondern puffern bei Starkregen auch Überschwemmungen ab. In diese Richtung zielen zum einen die Nationalen Strategien zur biologischen Vielfalt und zur Nachhaltigkeit, zum anderen aber auch die Pläne der Kommission der Europäischen Union (EU) und des EU-Parlaments, den Verlust der biologischen Vielfalt bis 2010 zu stoppen. Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz hat darüber hinaus konkrete Maßnahmen vorgeschlagen, wie die Agrobiodiversität, das heißt die biologische Vielfalt der Landwirtschaft, erhalten und nachhaltig genutzt werden kann.

Lebensräume verbinden

Viele Arten brauchen ausreichend Platz, um auf Dauer bestehen zu können. Zum einen schrumpft auf engem Raum die genetische Vielfalt innerhalb der Arten, weil die Lebensgemeinschaft einer Art nur klein sein kann und keine frischen

Gene hinzukommen. Zum anderen müssen Tiere und Pflanzen ausweichen können, wenn sich die Bedingungen in einer Region für sie verschlechtern. Wer die Lebensräume einer Art, die Biotope, verbindet, trägt deshalb dazu bei, dass sich natürliche Systeme anpassen und stärken können. Die Einrichtung solcher Vernetzungen ist Sache der Bundesländer. Sie sollten hier sowohl eng mit Akteuren vor Ort als auch auf EU-Ebene zusammenarbeiten.

Nach wie vor werden aber immer noch weitere Flächen bebaut und natürliche Verbindungen von Biotopen gekappt. Siedlungs-, Infrastruktur- und Verkehrsplanungen müssen hier umsichtiger werden. Zurzeit läuft ein Forschungsprojekt, das im Jahr 2009 ein Konzept erstellen soll, um die Vernetzung von Lebensräumen bei der Planung überregionaler Straßen besser zu berücksichtigen. Eine ge-

meinsame Arbeitsgruppe des Bundesumweltministeriums und des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung beschäftigt sich bereits heute damit, wie sich das umsetzen lässt. Geplant ist außerdem, in dieser Frage enger mit den Nachbarstaaten zu kooperieren.

Schutzgebiete weiterentwickeln

Bund und Länder sollten analysieren, wie das bestehende Schutzgebietssystem an die Anforderungen durch den Klimawandel angepasst werden kann. Das Schutzgebietssystem Natura 2000 bietet bereits Rückzugs- und Anpassungsräume an Land und im Meer als auch nutzungsfreie Gebiete und leistet somit einen wichtigen Beitrag, um negative Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt zu verringern.



Betroffene unterstützen

Was bedeutet der Klimawandel für Robben oder für die Lebensgemeinschaft der Moore? Bund und Länder sollten zusammen mit Forschungsinstitutionen und Verbänden dokumentieren, wie sich sowohl Klimaveränderungen als auch Anpassungsmaßnahmen auf Arten und Biotope auswirken. Daraus lässt sich dann belastbar ableiten, was getan werden kann und muss. Anschließend müssen Vorsorgeprogramme entwickelt werden. Auch wer Eingriffe bewerten und Ausgleichsmaßnahmen gestalten soll, benötigt derlei Daten.

Außerdem sollten bei stark durch den Klimawandel gefährdeten Arten und Biotopen andere Gefährdungsursachen so weit wie möglich reduziert werden.



Nachholbedarf besteht bei Artenschutzprogrammen für die Meere. Auch der von Überflutung bedrohte Küstenraum und die Flussmündungsregionen gehören in den Fokus der Aufmerksamkeit. Wohin und wie können Arten aus-

weichen – und wie kann ihnen dabei geholfen werden? Hier sind gemeinsame Entwicklungsstrategien des Naturschutzes und des Küstenschutzes notwendig, um Ausweichmöglichkeiten für Pflanzen und Tiere zu schaffen und zu schützen.



Teufelsmoor in Niedersachsen

Beispiel Feuchtgebiete

Wenn die Sommer trockener werden und ganzjährig die Temperaturen steigen, geht es für die Lebensgemeinschaft der Feuchtgebiete ums Überleben – eine Herausforderung. Um die Belastungen zu mildern, gibt es bereits staatliche Förderprogramme. Sie zielen darauf ab, Feuchtgebiete zu regenerieren, Wasserbedingungen von Mooren zu stabilisieren und dafür zu sorgen, dass Grünland weniger entwässert wird. Darüber hinaus sollten Verbindungen von Seen erhalten oder wiederhergestellt und die Strukturvielfalt der Gewässer gefördert werden – etwa durch unterschiedliche Uferformen, -materialien und -bepflanzungen. Flussauen sollen wieder den regelmäßigen Wechsel von Überschwemmung und Trockenheit erleben.

Solche Maßnahmen gilt es vermehrt auszuführen. Dazu sollten Behörden für Naturschutz, Landwirtschaft und Wasserwirtschaft eng zusammenarbeiten und die Landnutzer einbeziehen.

Koordiniert mit invasiven Arten umgehen

Bund und Länder sollten ein gemeinsames Vorgehen gegenüber fremden, invasiven Arten verabreden. Weil oft Probleme für die heimische Flora und Fauna entstehen, wenn fremde Arten einwandern oder eingeschleppt werden, sollten Nachbarstaaten frühzeitig warnen, wenn Arten auftauchen, die bisher unzureichend erfasst wurden. Außerdem sind Biotopverbunde möglichst so zu gestalten, dass sie den Neankömmlingen nicht freie Bahn geben.

Naturschutz und erneuerbare Energien

Aus Biomasse lässt sich umweltfreundlich Strom und Wärme herstellen. Doch darf diese Form von Energieerzeugung nicht gegen



Der Waschbär hat sich in Deutschland verbreitet, stammt jedoch aus Nord- und Mittelamerika

Natur- und Artenschutz oder Agrarumweltprogramme ausgespielt werden. Wer einen Standort für nachwachsende Rohstoffe sucht, sollte dabei auch den Schutz von Biotopen berücksichtigen.

Landschaftsplanung flexibel gestalten

Die Landschaftsplanung sollte berücksichtigen, dass der Klimawandel Natur und Landschaft verändern wird. Weil unklar ist, wie das genau aussieht, sollte der Weg in die Zukunft flexible Entwicklungsmöglichkeiten unterstützen. damit

Umorientierungen möglich bleiben. Auch den Freiräumen in besiedelten Gebieten gebührt mehr Beachtung. Mit Instrumenten wie der kommunalen Landschaftsplanung sollte der Beitrag zum lokalen Klima von Natur und Freiräumen in Siedlungsbereichen stärker berücksichtigt werden. Das gilt auch, wenn Baulücken geschlossen werden und bei der Innenentwicklung von bestehenden Siedlungen.

Biologische Vielfalt in der Landwirtschaft

Auch die Landwirtschaft wird mit angemessenen Nutzungssystemen und -methoden dem Klimawandel Rechnung tragen. Bund und Länder haben allerdings darauf zu achten, dass auch die biologische Vielfalt der landwirtschaftlich genutzten Flächen dabei nicht unter die Räder kommt. Außerdem ist es sinnvoll, die landwirtschaftliche Produktion nicht isoliert verbessern zu wollen, sondern im Einklang mit Natur-, Boden-, Gewässer- und Klimaschutz.

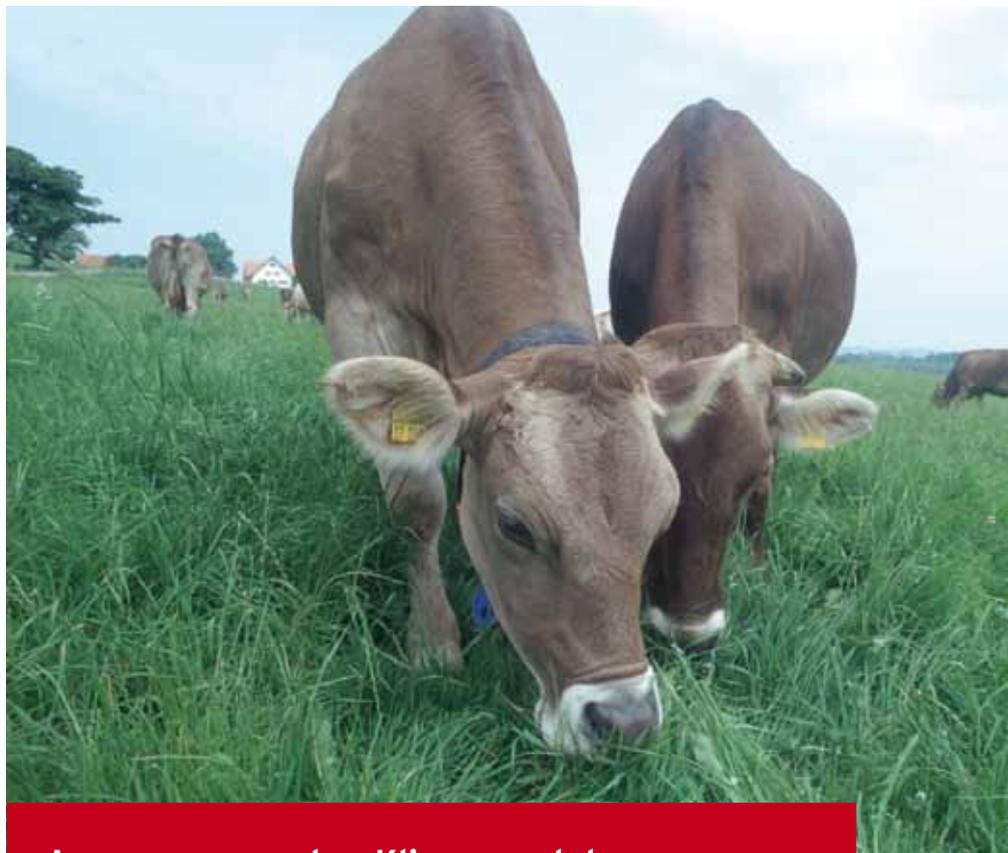


Landwirtschaft

Regionen, die unter heutigen Bedingungen für eine landwirtschaftliche Nutzung eher zu kühl oder feucht sind, könnten von einer allmählichen Erwärmung und der längeren Vegetationsperiode profitieren – etwa im Weinbau. Heute bereits wärmere und trockenere Gebiete müssen dagegen mit Einbußen rechnen.

Im Prinzip fördert eine höhere Konzentration von Kohlendioxid (CO₂) in der Luft das Pflanzenwachstum. Dieser Düngeneffekt ist jedoch nicht überzubewerten. Entscheidender für die Erträge ist, ob genügend Wasser für die Pflanzen verfügbar ist. Darüber hinaus können Wetterextreme die Pflanzen insbesondere während entscheidender Wachstumsphasen behindern oder Hagel und Starkregen zu Ernteeinbußen führen. Weitere mögliche Probleme: Die Winterhärte von Nutzpflanzen kann schwinden, wärmeliebende Schädlinge breiten sich aus.

Auch Bauern, die Tiere halten, müssen sich neu einstellen. Wenn es zu heiß ist, geben Kühe weniger Milch. Bereits bei 20 bis 25 Grad Celsius lässt ihre Milchleistung nach. Darüber hinaus könnten sich neue oder ansteckende Krankheiten ausbreiten, weil höhere Wintertemperaturen günstig für sie sind. Ein Vorbote solcher Entwicklung ist möglicherweise die Blauzungenkrankheit bei Wiederkäuern, die seit Mitte August 2006 grassiert. Das eingeschleppte Virus stammt ursprünglich aus Südafrika und wurde – entgegen früheren Erkenntnissen – durch einheimische Mücken übertragen.



Anpassung an den Klimawandel in der Landwirtschaft

- ▶ Wo Agrar- und Waldlandschaften dürregefährdet sind, sollen Wasserrückhalt und Bewässerungsinfrastruktur über die Bundesländer-Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) verbessert werden.
- ▶ Bodenfruchtbarkeit und -struktur sowie natürliche Regelmechanismen sollen durch Agrarumweltmaßnahmen unterstützt werden.
- ▶ Wissen über angepasste Formen der Landbewirtschaftung sowie über die Haltung, Ernährung und Gesundheit von Tieren soll verbreitet werden.
- ▶ Die Zucht von Tierarten, die geringe Probleme mit dem Klimawandel haben, wird ebenso unterstützt wie angepasste Tierhaltung. (Siehe www.agrarministerkonferenz.de/uploads/Ergebnisprotokoll_AMK_0b0.pdf, TOP 23)

Neue Pflanzenzüchtungen sollten möglichst robust sein – gut an den Klimawandel angepasst, mit günstiger Nährstoffbilanz und widerstandsfähig gegen Krankheiten. Weiterhin stehen auf dem Wunschzettel auch höhere Erträge und eine große genetische Vielfalt.

Mit dem Anbau nachwachsender Rohstoffe sollte die Chance genutzt werden, die Fruchtfolgen aufzulockern und so die biologische Vielfalt auf dem Ackerland zu unterstützen.

Um die genetische Vielfalt zu fördern, sollten Bund und Länder vorrangig auf Freilandprojekte setzen, ohne deshalb Laborversuche auszuschließen.

Finanziert werden können Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel, Maßnahmen im Wassermanagement, zum Schutz der biologischen Vielfalt und zur Erzeugung von Bioenergie auch aus dem Fonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) – so haben es die EU-Agrarminister im November 2008 beschlossen (siehe http://ec.europa.eu/agriculture/healthcheck/index_de.htm).

Wald- und Forstwirtschaft

Bäume sind sehr langlebig und brauchen viele Jahre für ihre Entwicklung. Dagegen kommt der erwartete Klimawandel sehr rasch. Seine Geschwindigkeit und sein Ausmaß drohen die Anpassungsfähigkeit der Wälder zu überfordern. Häufigere Trockenperioden und Sommerhitze stressen die Wälder – zusätzlich zu Luftschadstoffen und Stickstoffeinträgen. Besonders betroffen werden Ost- und Südwestdeutschland sowie Standorte mit generell geringer Wasserversorgung sein. Heute schon wenig angepasste Bestände werden absehbar noch größere Probleme bekommen. Hier haben Schädlinge wie Borkenkäfer leichtes Spiel. Massenvermehrungen von Nonne oder Maikäfer werden aber auch anderswo wahrscheinlicher, und bisher unbedeutende Schädlinge können vermehrt auftreten.

Der Klimawandel wird sich in den Bergwäldern der Alpen stärker auswirken als im Flachland: Die Risiken durch Muren, Hochwasser und Steinschlag werden zu-

nehmen. Damit wächst dort die Bedeutung der Wälder für den Schutz von Siedlungen und Infrastruktur noch weiter.

Robuste Mischwälder fördern

Standortgerechte Mischwälder sind wesentlich robuster als Reinbestände. Sie versprechen zudem sicherere Holzträge – auch bei sich wandelndem Klima. Unter diesem Aspekt sollten die 1,3 Millionen Forstbesitzer in Deutschland die Zusammensetzung ihrer Wälder überdenken und gegebenenfalls umbauen. Schon heute fördern Bund und Länder den Umbau von Reinbeständen in stabile Laub- und Mischbestände sowie eine naturnahe Waldbewirtschaftung. Allerdings ist es aufgrund von langen Produktionszeiträumen und klimatischen Unsicherheiten nicht ganz einfach, schon jetzt bestimmte Baumarten zu empfehlen.

Die Bundesländer haben hier die Aufgabe, nicht nur die Kommunikation zwischen Wissenschaftlern und Förstern zu unterstützen, sondern auch die wissenschaftlichen Entscheidungsgrundlagen für einen klimaangepassten Waldumbau weiter zu verbessern. Dazu zählen systematische Beobachtungen, der Aufbau und Betrieb von Versuchsflächen, Standortkartierungen, Forstpflanzenzüchtungen und Herkunftsforschung. Darüber hinaus müssen Erntetechniken für Holz weiterentwickelt werden. Schließlich ist zu klären, wo für Holz künftig eingesetzt werden kann und sollte.



Fischerei

Die Küstenbereiche von Nord- und Ostsee sowie die sich daran anschließende ausschließliche Wirtschaftszone werden intensiv genutzt. Hier werfen Fischer ihre Netze aus, Schiffe transportieren große Mengen an Waren für den Weltmarkt, und Windräder erzeugen Energie. Zusätzlich werden Sand und Kies abgebaut. All das hat neben dem Tourismus für die strukturschwachen Küstenregionen eine enorme wirtschaftliche Bedeutung.

Es beeinflusst zudem die bisher genutzten Fischbestände. Andererseits sind Sardine, Sardelle und Streifenbarbe in die Nordsee eingewandert – sie waren früher nur in südlicheren Meeresgebieten anzutreffen. Auch beim Plankton und in der Bodenzone von Nord- und Ostsee finden sich zunehmend Arten aus anderen Weltgegenden, die vor allem durch den Schiffsverkehr eingeschleppt werden.

Mit dem Klimawandel verändern sich die Lebensräume und Nahrungsgrundlagen der Fische sowie die Meeresökosysteme in Nord- und Ostsee insgesamt. Was das genau bedeutet, lässt sich noch nicht abschätzen. Die neuen Arten könnten sowohl Nahrungskonkurrenten als auch zusätzliche Nahrungsquellen darstellen. Aufgrund der Unklarheit, wie sich die Fischbestände entwickeln, wird sich die Bundesregierung dafür einsetzen, dass Entscheidungsgremien wie der Fischereirat der Europäischen Union (EU) Unsicherheitsmargen berücksichtigen.

Eine Änderung der Fischereimethoden ist für die Fischer zunächst teuer. Sie müssen investieren, und zugleich sind die neuen Metho-



den noch nicht ausgereift und bringen noch nicht den vollen Ertrag. Geeignete Förderinstru-

mente können die Experimentierfreude und Akzeptanz der Fischer steigern.

Was tun, damit die Meere lebendig bleiben?

- ▶ Damit die Fischereiwirtschaft auf Dauer arbeiten kann, müssen langfristige Bewirtschaftungs- und Wiederauffüllpläne erarbeitet werden. Wissenschaftler sollten die Entwicklungen beobachten.
- ▶ Es sollten Anreize geschaffen werden, um Rückwürfe („Discard“) – von ungewollt gefischten Meerestieren – zu vermeiden. Dieser Beifang wird zum großen Teil als Abfall wieder über Bord geworfen.
- ▶ Die Fangtechniken müssen so verbessert werden, dass gezielt nur bestimmte Fische ins Netz gehen.
- ▶ Die Unsicherheiten über die künftige Entwicklung der Fischbestände gebietet Zurückhaltung und ein fortlaufendes Monitoring. Zugleich sind Schutzzonen einzurichten. Ziel muss es sein, die volle Reproduktionsfähigkeit der Bestände wiederherzustellen.
- ▶ Konsumentinnen und Konsumenten sollten aufmerksam gemacht werden auf Fische, die sie ohne Bedenken kaufen können. Labels wie etwa die Zertifizierung nach den Kriterien des Marine Stewardship Councils (MSC) können dabei helfen.
- ▶ Fischerinnen und Fischer sind stärker in den Tourismus einzubinden, damit sie neue Einnahmequellen finden.
- ▶ In umweltverträglichen Aquakulturen sollten insbesondere Arten gezüchtet werden, die sich von Pflanzen ernähren. Das ist nachhaltiger.

Energiewirtschaft

Wenn das Klima insgesamt wärmer wird, wird weniger geheizt. Zugleich kann der Bedarf an Kühlung steigen. Für die Energiewirtschaft sind das wichtige Richtgrößen. Stürme, Hoch- und Niedrigwasser können außerdem Kraftwerke, Strommasten und andere Einrichtungen der Energiewirtschaft beeinträchtigen oder zeitweise den Rohstoffnachschub per Schiff – etwa von Kohle für Kraftwerke – verhindern. Das kann zu Versorgungsengpässen und Preissteigerungen führen.

Kohle-, Erdgas- und Kernkraftwerke benötigen Kühlwasser. Sinkende Wasserstände in Flüssen aufgrund langer Trockenperioden verursachen Probleme: Betreiber müssen dann die Leistung verringern, weil entweder zu wenig Wasser vorhanden ist oder das zurückgeleitete erhitzte Wasser die – in Hitze- und Trockenzeiten sowieso schon stark beanspruchten – Flussökosysteme zusätzlich belasten würde. Erschwerend kommt hinzu, dass in heißen Zeiten mehr Strom nachgefragt wird, weil Ventilatoren oder Klimaanlage auf Hochtouren laufen. Dächer und Wände zu dämmen und schatten spendende Bäume zu pflanzen, ist die bessere Alternative. Weil das aber kaum überall möglich sein



Braunkohlekraftwerk bei Leipzig

dürfte, wird der hitzebedingte Strombedarf tendenziell steigen.

Auch für Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien kann der Klimawandel grundlegende Folgen haben. In welchem Maße Biomasse verfügbar ist, hängt stark vom Boden und den klimatischen Bedingungen ab. Das gilt es für Bund und Länder beim weiteren Ausbau von nachhaltigen Rohstoffen im Blick zu behalten. Darüber hinaus wirkt sich eine Veränderung der Niederschlagsmengen insbesondere auf die Wasserkraft aus. Angesichts zunehmender

Stürme werden außerdem die Anforderungen an die Standfestigkeit von Solar- und Windenergieanlagen steigen.

Zugleich aber erhöht eine dezentrale Erzeugung von Energie und ein nachhaltiger Energiemix mit erneuerbaren Energien die Versorgungssicherheit – vor allem wenn sich die Erzeugungsstrukturen gegenseitig ergänzen. Die Energiemeteorologie erforscht die Verzahnung von Wind- und Sonnennutzung bei sich verändernden klimatischen Bedingungen.

In der Arbeitsgruppe „Krisenvorsorge in der Stromwirtschaft“, die im Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie angesiedelt ist, diskutieren Bund, Länder und Energiewirtschaft verschiedene Notfallszenarien. Die notwendigen Anpassungen muss die Industrie leisten. Bund und Länder können Kenntnisse einbringen und ordnungspolitische Akzente setzen.

Energieversorger bereiten sich auf extreme Wetterereignisse vor

- ▶ durch einen im europäischen Vergleich hohen Anteil unterirdischer Kabelstrecken als Schutz gegen Stürme
- ▶ durch Notwasseranschlüsse für Kraftwerke, falls wegen Trockenheit die Flusswasserkühlung nicht mehr möglich ist
- ▶ durch Bildung von Krisenstäben, um bei extremen Wetterereignissen schnell auf Ausfälle reagieren zu können

Die Finanzwirtschaft trifft sich auf Plattformen

► Im **Carbon Disclosure Project** informieren sich 300 institutionelle Investoren über Klimafragen. Auch die großen deutschen Finanzdienstleister sind dabei. Auf Grundlage von Firmenbefragungen bekommen sie hier Daten über unternehmensspezifische Treibhausgas-Emissionen und können erfahren, welche Unternehmensstrategien es zum Umgang mit den physikalischen Risiken des Klimawandels gibt.

► In der **Munich Climate Insurance Initiative** haben sich Versicherer, Rückversicherer, Umweltverbände und Wissenschaftler zusammengeschlossen. Dabei geht es um Strategien der Versicherungen im Umgang mit dem Klimawandel.

► Das „**Finanz-Forum: Klimawandel**“ wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung eingerichtet. Es arbeitet an der Frage, wie Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel durch Forschung und Innovationen voranzubringen sind.

Finanzwirtschaft

Die Finanzwirtschaft agiert international – und ist folglich auch von globalen Entwicklungen betroffen. Für die Versicherungswirtschaft haben die weltweiten Klimaänderungen unmittelbare Folgen: Schon in den vergangenen Jahren mussten sie viel mehr Geld für Entschädigungen ausgeben. Zwar spielen hier auch das Bevölkerungswachstum insbesondere in Küstenstädten sowie eine generelle Zunahme der versicherten Werte eine Rolle. Doch an den Ursachen der Schäden ändert das nichts. Künftig wird die Versicherungswirtschaft ihre Prämien nicht mehr allein auf Grundlage bereits eingetretener Versicherungsfälle berechnen, sondern den zu erwartenden Klimawandel mit einkalkulieren. Auch Pensionsfonds und andere Investoren in langfristige Infrastrukturprojekte bewerten die Risiken inzwischen neu.

Doch der Klimawandel bedroht nicht nur ganz physisch Anlagen und Gebäude, an denen die Finanzwirtschaft beteiligt ist. Politik und Gesellschaft ändern auch die Rahmenbedingungen für Investitionen, um dem Klimawandel zu begegnen. Für die Finanzwirtschaft liegen darin Risiken, aber auch erhebliche Chancen. Banken und Versicherungen sind hier gefordert, sich durch ein aktives Management auf beides einzustellen.

Die Nachfrage nach Sachversicherungen, die Schäden durch Naturgefahren abdecken, wird absehbar steigen. Die Versicherungswirt-

schaft kann Kunden und Behörden aufklären und durch ihre Vertragsgestaltung dazu beitragen, Gefahren vorsorglich zu dämpfen. Neben den üblichen Instrumenten und Geschäftsmodellen der Versicherer werden für bestimmte Risiken auch neue Finanzmarktprodukte entwickelt, mit denen Unternehmen oder Länder Klimarisiken auf dem Kapitalmarkt absichern können. Dazu zählen Wetterderivate, Catastrophe Bonds oder spezielle Anleihen.

Das kann der Staat tun

Die staatlichen Aufsichtsbehörden von Bund und Ländern müssen verstärkt darauf achten, ob die zugrunde gelegten Risikomodelle ausreichen, um die finanzielle Stabilität der Versicherungen und Banken zu gewährleisten. Ein besonderes Problem besteht aktuell darin, dass die international durch das Basel-II-Abkommen festgelegten Regeln den Banken verbieten, beim Eigenkapital und Risikomanagement andere als historische Daten zugrunde zu legen. Innova-

tive Verfahren wie das Bayesianische Risikomanagement sind deshalb derzeit in der Praxis nur eingeschränkt einzusetzen. Das will die Bundesregierung ändern und das Thema deshalb auf internationaler Ebene auf die Tagesordnung setzen.

Wenn die Privatwirtschaft aus wirtschaftlichen Gründen bestimmte Risiken nicht absichern will, muss der Staat möglicherweise die Angebote der Finanzwirtschaft ergänzen. Dies kann dann nötig sein, wenn die betroffenen Personen die erforderlichen Prämien nicht aufbringen können oder die möglichen Schadenssummen zu groß sind. Denkbar ist zum Beispiel, dass eine Elementarschadenversicherung eingeführt wird, die alle Bürger abschließen müssen, oder eine staatliche Fonds-Lösung. Sie kann aber in jedem Fall nur das letzte Mittel sein. Entsprechende Ansätze werden seit dem Oder-Hochwasser 1997 verfolgt. Der Bund wird hierzu – in Absprache mit den Ländern – eine neue Initiative starten.

Verkehr

Extreme Wetterlagen, die Schnee, Eis, Nebel, Hagel, Hitzewellen, Stürme, Starkregen, Hoch- und Niedrigwasser in Flüssen oder auch starken Seegang im Meer mit sich bringen, können den Verkehr auf Straße, Schiene, Wasser und in der Luft behindern.

So wird beispielsweise, wenn es stark regnet, die Sicht schlecht und die Fahrsicherheit nimmt ab – mehr Unfälle sind die Folge. Wolkenbrüche können aber auch Straßen und Bahntrassen unterspülen oder Hangrutsche verursachen.

Bei hohen Temperaturen sinkt nicht nur die Konzentrationsfähigkeit der Menschen im **Straßenverkehr**. Lang anhaltende Hitze weicht auch den Asphalt auf und führt zu Spurrillen. Dem ist durch veränderte Baustoffe abzuwehren. Ergiebige Niederschläge können durch größere Entwässerungssysteme in den Straßen abgeleitet werden. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung wird die einschlägigen Vorschriften überprüfen und anpassen.

Als vorteilhaft für die Infrastruktur könnten sich höhere Durchschnittstemperaturen im Winter erweisen: Frostschäden an Brücken und Straßen werden seltener. Auch die Zahl der Unfälle durch Schnee und Eis könnte abnehmen.

Im **Schieneverkehr** werden die Folgen des Klimawandels vor allem die Infrastruktur betreffen. Stürme können Signale und Anlagen zur Stromversorgung zerstören, Bäume auf die Gleise stürzen. Auch Böschungen könnten häufiger brennen, wenn es heißer und

trockener wird. Um Schäden entgegenzuwirken, kann es notwendig sein, die Flächennutzung entlang von Bahnanlagen der klimatischen Situation anzupassen. Darüber hinaus kann Hochwasser Bahnanlagen überfluten.

Forschung ist notwendig, um näher zu klären, ob hohe Temperaturen neue Instandhaltungstechniken erfordern. Dabei geht es insbesondere um die Frage, ob innere Spannungen bei lückenlos verschweißten Schienen gefährlich ansteigen könnten.

Der **Luftverkehr** wird von möglichen Klimaänderungen nur am Rande betroffen sein – so das Ergebnis aktueller Analysen. Allerdings müssen Betriebsabläufe von Flughäfen und Flugsicherung möglicherweise an häufigere Extremwittersituationen angepasst werden.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die **Seeschifffahrt** in Nord- und Ostsee sind nicht nur regional, sondern auch großräumig zu betrachten, weil die Häfen über Seewege weltweit vernetzt sind. Durch den prognostizierten Anstieg des Meeresspiegels sind Häfen unmittelbar betroffen. Wenn sich Strömungen verändern, der Wasserstand steigt oder sinkt, die Wellen höher werden, die Windstärken zunehmen und der Eisgang sich verändert – hat dies Auswirkungen auf die Navigation von Schiffen. Welche konkreten Folgen der Klimawandel für die Seeschifffahrtsstraßen haben wird, muss noch genauer untersucht werden. Es können sich auch neue Schifffahrtswege in arktischen Regionen eröffnen. Ihre optimale und nachhaltige Nutzung sollte frühzeitig überprüft und koordiniert werden.





Darüber hinaus könnte es notwendig werden, Vorhersage- und Warndienste, Risikomanagement und Rettungswesen, Infrastruktur und Schiffstechnik an veränderte Bedingungen anzupassen.

Für die **Binnenschifffahrt** sind insbesondere die Wasserstände der Wasserstraßen von Bedeutung. Sie hängen davon ab, wann und in welchem Umfang es in ihrem Einzugsgebiet regnet oder schneit. Die Wasserstände in deutschen Flüssen variieren jahreszeitlich schon immer beträchtlich. Durch den Klimawandel könnten die Schwankungen weiter zunehmen.

Dabei ist zu unterscheiden zwischen frei fließenden Flussabschnitten und staugeregelten Wasserstraßen, zu denen auch Kanäle zählen. Entscheidend für Letztere sind vor allem längerfristige Veränderungen des Wasserangebots, denn kurz- und mittelfristig kann der Wasserstand durch Schleusen und Staustufen stabil gehalten werden. Dagegen sind frei fließende Flüsse in extremen Niedrigwasser- und Hochwasserperioden nur eingeschränkt oder gar nicht als Wasserstraßen nutzbar. Veränderte Abflussverhältnisse nehmen Einfluss auf das Flussbett und das Fließgewässer-Aue-System, zum Beispiel wenn sich Sedimente umlagern. Auch die Wasserqualität kann darunter leiden. Um belastbare Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln, hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2008 das Forschungsprogramm „KLIWAS“ auf den Weg gebracht.

Industrie und Gewerbe

Die Anpassung an den Klimawandel birgt große Chancen für innovative Unternehmen und Exporteure von Umwelttechnik. So haben in Deutschland seit den 1980er Jahren viele Unternehmen wassersparende und abwasserfreie Verfahren entwickelt und umgesetzt. Damit haben sich Chemie-, Papier- und Textilindustrien unabhängiger vom Wasser als Rohstoff und Kühlmittel gemacht. Das könnte bei zunehmender Trockenheit wirtschaftlich noch vorteilhafter werden.

Geänderte Außentemperaturen wirken sich auf die Energiebilanz von Betrieben aus, die Wärme und Kälte benötigen. Verschlechterungen der Bilanz sind in vie-

len Fällen durch technische Neuerungen oder Dämmung zu verhindern. Das verschafft der Bauindustrie neue Möglichkeiten – und eröffnet Chancen für Innovationen und Beschäftigung.

Allerdings bringt der Klimawandel für viele Unternehmen auch erhebliche Risiken mit sich. Stürme, Starkniederschläge und Hochwasser könnten Industrie- und Gewerbeanlagen zerstören oder gefährliche Stoffe freisetzen. Hier müssen die betrieblichen Sicherheitsmanager vorsorgen. Daneben können Wetterturbulenzen auch den Betrieb einschränken, zum Beispiel weil Beschäftigte oder Material nicht eintreffen. Werden Strom, Telekommunikation oder Wasserversorgung durch Unwetter unterbrochen, legt das möglicherweise sogar weit entfernte Betriebe lahm. All das kann sehr teuer werden.

Die Kommission für Anlagensicherheit (KAS) schlägt vor

- ▶ Störfallanlagen für häufigere und stärkere Stürme auslegen
- ▶ Betriebliche Anlagen gegen Extremniederschläge und Hochwasser schützen
- ▶ Alarm- und Gefahrenabwehr planen
- ▶ Sicherheitsmanagement verbessern
- ▶ Rechtliche und technische Vorschriften auch an den Erfordernissen durch den Klimawandel orientieren



Kunstschneeanlage bei München

Darüber hinaus gefährden Witterungsextreme die Erträge der landwirtschaftlichen Produktion (siehe unter „Landwirtschaft“, Seite 35) und können indirekt auch Betriebe treffen, die Nahrungsmittel oder nachwachsende Rohstoffe verarbeiten. Denen ist deshalb zu raten, sich nicht auf Lieferanten aus einer einzigen Region zu verlassen. Prinzipiell sollten Unternehmen bei Einkauf und Lagerhaltung zukünftig einkalkulieren, dass Straßen, Schienen oder Wasserwege zeitweise blockiert sein könnten.

Wer einen neuen Industriestandort auswählt, sollte die Auswirkungen des Klimawandels berücksichtigen und zum Beispiel darauf achten, ob das Gelände durch den anstehenden höheren Meeresspiegel vielleicht demnächst unter Wasser steht. Das betrifft nicht nur die Unternehmensstandorte in Deutschland, sondern auch Tochterfirmen und Zulieferer anderswo auf dem Globus. Staaten, in denen die Folgen begrenzt bleiben oder die eine wirksame Anpassungspolitik betreiben, sind hier im Vorteil.

Die Bundesregierung wird zusammen mit den Bundesländern und Wirtschaftsverbänden die vielfältigen Einflüsse auf Industrie und Gewerbe vertiefend untersuchen.

Tourismuswirtschaft

Wo Menschen Urlaub machen, hängt erheblich davon ab, welches Wetter sie dort erwarten. Deshalb könnte der globale Klimawandel das Reiseverhalten stark verändern – mit enormen Konsequenzen für die Wirtschaft, Infrastruktur und den Arbeitsmarkt in den bereisten Ländern. Darüber hinaus werden Extremwetterereignisse auch die Tourismusindustrie treffen.

Unmittelbare Auswirkungen hat der Klimawandel auf den wirtschaftlich bedeutsamen Wintersport. Bereits seit 50 Jahren fällt vielerorts weniger Schnee. Künftig wird Skitourismus in den Alpen nur noch auf über 1.500 Meter und damit in ökologisch besonders sensiblen Bereichen möglich

sein, in Mittelgebirgen ab 800 bis 1.000 Metern. Auch Schneekanonen bieten keine Abhilfe: In niedrigeren Lagen wird es dafür zu warm sein.

Zugleich eröffnen veränderte klimatische Bedingungen neue Möglichkeiten für den Tourismus: Die bisherige Nebensaison kann beliebter werden. Auch regionale Verlagerungen sind zu erwarten. Das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) geht davon aus, dass 25 bis 30 Prozent mehr Touristen nach Deutschland kommen könnten. Nord- und Ostsee werden attraktiver, während am Mittelmeer oft Hitzestress bei 40 Grad Celsius oder mehr herrschen wird. Selbst in Deutschland könnte es für bestimmte Urlaubsaktivitäten zeitweise zu heiß werden.

Urlaubsregionen erforschen

Das Forschungsprojekt „Klimatrends und nachhaltige Tourismusedwicklung in Küsten- und Mittelgebirgsregionen“ (KUNTIKUM) soll der Tourismusindustrie helfen, sich neu zu orientieren und an den Klimawandel anzupassen. Dafür hat die Bundesregierung das Institut für Umweltkommunikation an der Universität Lüneburg beauftragt, Nordseeküste und Schwarzwald exemplarisch zu untersuchen. Ziel ist es, die Erkenntnisse auch für andere Regionen nutzbar zu machen und eine Informations- und Kommunikationsplattform einzurichten, die auch ein Weiterbildungsmodul enthält.

3.2 Raum- und Regionalplanung sowie Bevölkerungsschutz

Raumplanung

Raumpläne haben das Ziel, unterschiedliche Ansprüche an den Raum zu vereinbaren und sind damit meist eine Entscheidung für Generationen. Ab jetzt muss die Raumplanung bei der Gestaltung dieser räumlichen Vorsorgekonzepte nicht nur die aktuellen Ansprüche abwägen, sondern auch Klimaschutz und -anpassung mitdenken und einbeziehen. Das ist mit den heutigen rechtlichen und planerischen Instrumenten möglich, verschärft aber den Konkurrenzkampf – denn auch Klimaschutz und -anpassungsmaßnahmen benötigen Platz.

Wo Windkraft- oder Fotovoltaikanlagen am günstigsten stehen und wie sich das mit den Interessen von Anwohnern, Bauern, Touristen und Wildtieren vereinbaren lässt, ist ebenfalls eine Frage der Raum- und Regionalplanung. In den Städten geht es unter anderem darum, Frischluftschneisen frei zu halten, um eine Überhitzung im Sommer zu verhindern.

Vorsorgen für extreme Wetterlagen

Wenn Hochwässer wahrscheinlicher werden, sind vor allem zwei Vorsorgemaßnahmen entscheidend: Flussufer und Überschwemmungsgebiete sollten nicht bebaut und Abflüsse vermieden beziehungsweise reguliert werden. Damit das Wasser mehr Platz hat und damit weniger Schäden verursacht, gilt es, bis zum Jahr 2020 so viele Überschwemmungsbe-

reiche wie möglich auszuweisen. Orientierungspunkt für die Raumplanung ist dabei das Risiko eines Hochwassers, wie es statistisch alle 200 Jahre vorkommt.

Neue Gebäude, Parkplätze und Straßen versiegeln den Boden und verstärken die Hochwasserwahrscheinlichkeit zusätzlich. Entschärfend wirkt es dagegen, wenn der Regen da versickern kann, wo er fällt. Verbesserte Versickerungsmöglichkeiten durch dezentrale Regenwasserversickerung, Renaturierung von Gewässern, Wiederaufforstung und eine angepasste Landwirtschaft fördern den sogenannten Gebietsrückhalt des Wassers und erhöhen gleichzeitig die Grundwasserneubildung.

Deiche müssen auch künftig Küsten und Inseln so gut wie möglich vor Sturmfluten schützen. Zusätzlich gilt es, neue Formen von Si-

cherungsmaßnahmen zu entwickeln, die auch nach Deichbrüchen noch funktionieren.

In den Alpen werden Muren, Felsstürze und Bodenerosion zunehmen, wenn es häufiger Starkregen und Sturm gibt. Hier muss die Raumordnung vorsorgen, um Risikobereiche von Bebauung und Verkehr frei zu halten.

Eng bebaute städtische Regionen können sich im Sommer wie Backöfen aufheizen – was für die Bewohnerinnen und Bewohner unangenehm und ungesund ist. Für Durchzug sorgt dagegen die Verbindung zu Wäldern und anderen Gebieten mit kühlerer Luft. Diese Luftwege oder Klimaschneisen offen zu halten ist eine wichtige Aufgabe von Raumordnung, Regionalplanung und Stadtentwicklung.



Deich auf der Nordsee-Insel Pellworm



Die Landschaft verändert sich

Wenn klimatisch bedingt weniger Grundwasser gebildet wird, muss diese knapper werdende Ressource nicht nur raumordnerisch gesichert werden. Wichtig ist auch, durch Planungen eine angepasste Nutzung zu erreichen.

Steigt der Meeresspiegel, steigt auch der Grundwasserspiegel. Ferner erodieren Küsten stärker als zuvor. Die Raumordnung und der Küstenschutz müssen daher den Klimawandel als wichtigen Faktor in die Entwicklung von Küstenlandschaften einbeziehen.

Wenn sich Urlauber zukünftig anders entscheiden, zum Beispiel verstärkt zur Nord- und Ostsee reisen oder die Touristen in den Bergen andere Aktivitäten entwickeln als bisher, muss die Infrastruktur darauf ausgerichtet sein. Neue, klimaangepasste Konzepte können durch Modellvorhaben der Raumordnung unterstützt werden.

Auch Tiere werden mit steigenden Temperaturen neue Wege gehen und Pflanzenarten ihre Standorte ändern. Die Raumordnung – und insbesondere die Landschaftsplanung – können sie dabei unterstützen, indem sie Vorranggebiete des Naturschutzes sichern und ökologische Verbundsysteme fördern.

Die Bevölkerung schützen

Bevölkerungsschutz ist ein weites Feld. Sie beginnt bei der Vorsorge, also der Sicherung der Lebensgrundlagen, und bietet Hilfe, wenn eine Katastrophe bereits

eingetreten ist. Erst vor kurzem haben die Verantwortlichen begonnen, sich intensiver mit dem Thema Klimawandel und seiner Bedeutung für den Bevölkerungsschutz zu beschäftigen. Klar ist: Wenn künftig häufiger schwere Stürme, Überschwemmungen oder durch Trockenheit ausgelöste Waldbrände drohen, müssen sich Krisen- und Notfallmanagement darauf einstellen. Gleichzeitig gilt es, Bürgerinnen und Bürger dabei zu unterstützen, sich selbst besser zu schützen.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen Energie- und Wasserversorgung, Transport- sowie Telekommunikations- und Informationstechnik, weil sie die Funktion „gesellschaftlicher Lebensadern“ haben. Da sie gegenseitig voneinander abhängen, sind sie besonders verwundbar. Fällt der Strom aus, funktionieren auch Wasserwerke und Computer nicht mehr. Und ohne Telekommunikation haben andere Versorgungseinrichtungen Probleme, sich zu koordinieren.

Kritische Infrastrukturen (siehe Glossar – Kritische Infrastrukturen) zu schützen muss deshalb einen hohen Stellenwert haben, ihr Ausfall kann erhebliche Störungen für die öffentliche Sicherheit oder andere dramatische Folgen bedeuten. Allerdings gehören dem Staat nur etwa 20 Prozent dieser Infrastrukturen, den Rest besitzen oder betreiben Privatunternehmen – und sind damit für den störungsfreien Betrieb verantwortlich. Weil im Krisenfall aber der Staat für die zuverlässige Versorgung der Bür-

gerinnen und Bürger sorgen muss, ist eine partnerschaftliche Zusammenarbeit von Bund, Ländern und den privaten Unternehmen unverzichtbar. Das Bundesinnenministerium hat deshalb Leitfäden entwickeln lassen. Sie zielen darauf ab, Ausfälle von Anlagen möglichst zu verhindern, indem beispielsweise Gebäude oder Stromleitungen besser gesichert werden. Kommt es doch zu einer Störung, soll die Funktionsfähigkeit so schnell wie möglich wiederhergestellt werden. Darüber hinaus sind Notfall- und Evakuierungspläne, Warnsysteme und Informationsmöglichkeiten wichtig, um auf Katastrophenfälle bestmöglich vorbereitet zu sein.

Seit 2007 existiert auf Bundesebene die Arbeitsgruppe „Klimawandel und Bevölkerungsschutz“. Darin sind Fachleute des Umweltbundesamts, des Deutschen Wetterdienstes, des technischen Hilfswerks sowie des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe vertreten. Zugleich entwickeln Bund und Länder gemeinsam Einsatztaktik und -technik weiter, um für die Auswirkungen des Klimawandels gewappnet zu sein.

Die zahlreichen Naturkatastrophen der vergangenen Jahre haben gezeigt, woran es beim Bevölkerungsschutz in Deutschland mangelt: Behörden und Einsatzkräfte müssen effektiver zusammenarbeiten, und die Informations- und Meldewege müssen verbessert werden. Zudem benötigt die Bevölkerung frühzeitige, eindeutige und effektive Warnungen und Informationen.

3.3 Die Vielfalt der Regionen

Der Klimawandel wirkt sich in Bergregionen anders aus als im Flachland oder an den Küsten. Zudem sind Orte unterschiedlich verwundbar – je nach räumlicher Nutzung, den örtlichen Naturgegebenheiten und der vorhandenen Anpassungsfähigkeit. Folglich müssen auch die regionalen Anpassungsstrategien verschieden sein. In die genaue räumliche Betrachtung sollten neben den zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auch andere regionale Einflussfaktoren einbezogen werden. Ziel ist ein sektorübergreifendes, integriertes Konzept, das einen Ausgleich anstrebt zwischen den unterschiedlichen Nutzungsinteressen. Im Folgenden werden verschiedene Regionen hinsichtlich ihrer Verwundbarkeit (siehe Glossar – Verwundbarkeit) näher betrachtet.

Die Alpen sind besonders verwundbar

Der Alpenraum ist vom Klimawandel doppelt betroffen. Zum einen sind die Temperaturen hier schon zweimal so stark angestiegen wie im globalen Durchschnitt – und alle Klimamodelle sagen voraus, dass sich dieser Trend fortsetzt und bis zum Jahr 2100 ein weiteres Plus von 3 bis 4,5 Grad Celsius erreicht werden wird. Zum zweiten wirkt sich der Klimawandel in einem so sensiblen Ökosystem wie den Alpen besonders stark aus.

Das droht den Alpen

- ▶ Die Lebenszonen der Tier- und Pflanzenarten verschieben sich in höhere Lagen. Wenn ihnen keine Ausweichmöglichkeiten mehr bleiben, sterben sie aus.
- ▶ Bergwälder werden beeinträchtigt – und damit schützen sie weniger vor Lawinen, Muren und Steinschlag.
- ▶ Die Gletscher schrumpfen. Damit verändern sich auch die Bedingungen in den Flüssen und Seen, die ihr Wasser aus Gletschern beziehen.
- ▶ Viele Wintersportorte in niedrigeren Lagen verlieren ihre Haupteinnahmequelle, weil sie keine Schneesicherheit mehr bieten können. In den Alpen sind die deutschen Gebiete am stärksten betroffen.



Viele Tier- und Pflanzenarten kommen nur in den Alpen vor und sind stark spezialisiert. Wenn sich ihre Umgebung verändert, kann das für viele von ihnen tödlich sein. Andere, die wiederum von ihnen abhängen, sterben dann ebenfalls aus. Schon heute ist klar: Bestimmte Auswirkungen des Klimawandels sind in den Alpen nicht mehr zu verhindern. Hier muss die Anpassung im Zentrum stehen.

Die Alpen als Modellregion

Die acht Unterzeichnerstaaten der Alpenkonvention haben das Thema Klimawandel ganz oben auf die Agenda gestellt. Wenn es ihnen gelingt, Strategien für eine nachhaltige Entwicklung sinnvoll umzusetzen, könnten die Alpen zum Modell werden, wie sich eine stark betroffene Region an den Klimawandel anpasst und über Staatengrenzen hinweg eng zusammenarbeitet.



Im März 2009 haben die Mitglieder der Alpenkonvention einen Aktionsplan verabschiedet. Zum einen geht es darum, Treibhausgase in den Bereichen Verkehr, Tourismus und Energieerzeugung zu reduzieren. Zum anderen wird der Plan auch Anpassungsstrategien enthalten. Das Themenfeld ist weit und reicht vom Schutz der biologischen Vielfalt über Schutzwälder und Wasserhaushalt bis hin zum nachhaltigen Tourismus. Alpenweite Gefahrenzonen sollen ausgewiesen und die Raumplanung daran orientiert werden. Auch Schutzgebiete sollen künftig alpenweit vernetzt sein, damit Pflanzen und Tiere leichter wandern und ausweichen können.

Zur Unterstützung der alpen-spezifischen Anpassungsmaßnahmen tragen auch drei verschiedene europäisch geförderte Projekte bei, deren Ergebnisse zum Teil schon vorliegen. Eines davon ist ECONNECT, das ein Verbundsystem ökologischer Verbundsysteme in den Alpen fördert. Das Bundesumweltministerium unterstützt diesen Verbund.

Langfristig bedroht der Meeresanstieg die Küsten

Die Luft an Nord- und Ostsee wird voraussichtlich im Durchschnitt bis zum Ende des Jahrhunderts nicht wesentlich wärmer werden als heute. Doch einiges spricht dafür, dass die Schwankungen größer werden. Wie sich die Anzahl der eisigen Tage oder die der warmen Nächte verändern wird, ist noch nicht abzuschätzen. In der Tendenz werden allerdings die Sommer trockener.

In der zweiten Hälfte des Jahrhunderts könnten dann der Meeresspiegel ansteigen und Sturmfluten die Küstenerosion verstärken. Auch das Grundwasser würde dann zunehmend versalzen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind sich noch uneinig, welches Ausmaß diese Probleme annehmen werden. Deshalb bemühen sich Bund und Länder, die Bedrohung schon jetzt durch Küstenschutz-Management zu entschärfen – wie es beispielsweise durch den Generalplan Küstenschutz des Landes Schleswig-Holstein geschieht. Besonders im Blick halten sie dabei Feucht- und Niederungsgebiete sowie Regionen, wo Überflutungen einen extrem hohen Schaden verursachen würden. Dazu zählen zum Beispiel der Hamburger Hafen oder Windkraftparks vor der Küste, die so genannten Offshore-Anlagen.

Im Süden und Osten: Tendenz trockener und heißer

In großen Teilen Ostdeutschlands, im nordostdeutschen Tiefland und im südostdeutschen Becken ist es schon jetzt relativ trocken. Wenn es künftig im Sommer noch weniger regnet und zusätzlich wegen hoher Temperaturen mehr Wasser verdunstet, kann das zu Einbußen bei der Ernte führen. Zudem steht weniger Grundwasser zur Verfügung, Bäche trocknen möglicherweise aus. Zudem können die hohen Sommertemperaturen, wie sie insbesondere für die Lausitz prognostiziert werden, zukünftig die Gesundheit der Menschen belasten.

Für Südwestdeutschland zeigen die Wetterbeobachtungsdaten der vergangenen 100 Jahre, dass die Temperaturen überdurchschnittlich gestiegen sind. Es ist zu erwarten, dass sich der Trend fortsetzt und sich insbesondere Bauern, Förster und Waldbesitzer darauf einstellen müssen. Modellen zufolge wird es im Oberrheingraben mehr und längere Hitzeperioden geben – eine Herausforderung besonders für das Gesundheitswesen. Zugleich wird es im Winter vermutlich vermehrt regnen: Es ist deshalb davon auszugehen, dass Flüsse und Bäche häufiger über die Ufer treten.

Die Küsten: viele Interessen

Das Integrierte Küstenzonenmanagement (IKZM) ist ein länder- und fachübergreifendes Konzept, das auf Freiwilligkeit beruht. Es soll dafür sorgen, dass die Ansprüche von Wirtschaft, Gesellschaft und Natur zu ihrem Recht kommen und möglichst gut miteinander harmonieren. Die Entwicklung gemeinsamer Zukunftsperspektiven gehört genauso dazu wie die frühzeitige Einbindung aller Planungs- und Entscheidungsbereiche. Dabei ist klar, dass sich Küstengebiete nur dann ökologisch und wirtschaftlich verträglich entwickeln werden, wenn die sich ändernden Randbedingungen immer mitbedacht werden. Der Klimawandel steht hier als Einflussfaktor ganz oben. Um die Wissensbasis zu verbreitern, fördert die Bundesregierung mehrere Forschungsvorhaben und lässt kooperative Lernprojekte erproben.

3.4 Klimaschutz und Anpassung - möglichst beides verbinden

Wer sich an den Klimawandel anpasst, sollte dabei auf keinen Fall den Klimaschutz untergraben, sondern solche Maßnahmen bevorzugen, die möglichst klimafreundlich sind.

Allerdings lassen sich Maßnahmen zur Minderung von Treibhausgasen und Anpassungsmaßnahmen nicht immer sinnvoll miteinander verbinden. Es kann sogar vorkommen, dass dem einen schadet, was dem anderen nützt. Wo so etwas absehbar ist, ist eine Planung erforderlich, welche die unerwünschte Wirkung so weit wie möglich abschwächt.

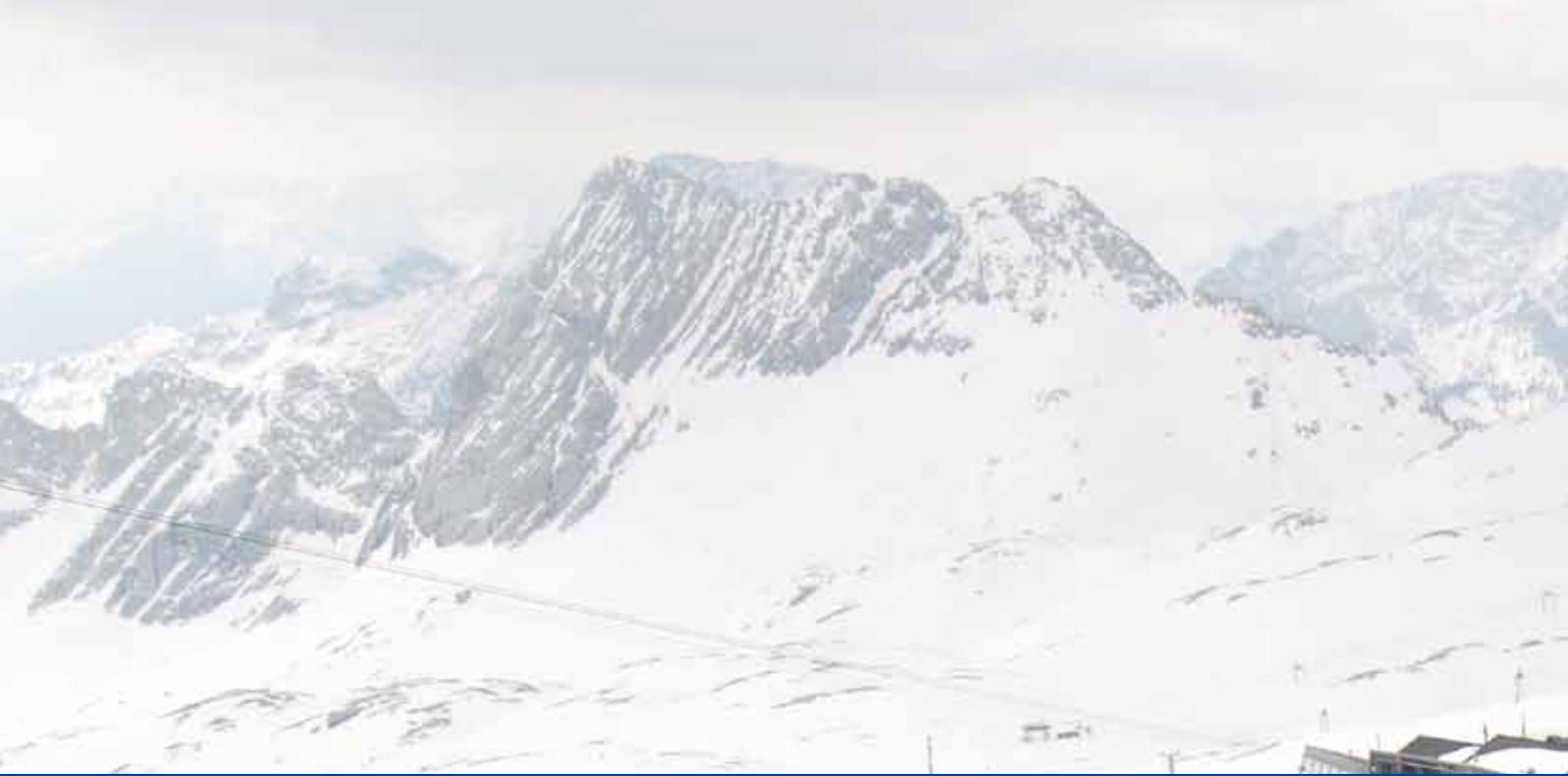
Doppelt gewinnen

- ▶ Wer ein Gebäude wärmeisoliert, muss im Winter weniger heizen und ist im Sommer besser vor Hitze geschützt. Außerdem sinkt die Gesundheitsbelastung durch Lärm.
- ▶ Eine natur- und hochwasserschutzgerecht gestaltete landwirtschaftliche Nutzung in Überschwemmungsgebieten kann zum Beispiel wertvolle nachwachsende Rohstoffe erzeugen, kann robust und wirtschaftlich rentabel sein und im Einklang mit dem Hochwasserschutz stehen.
- ▶ Wer seinen Wald von einem Reinbestand – mit nur einer angepflanzten Baumart – in einen Mischwald umbaut, stabilisiert das Waldökosystem. Zugleich ist mit sichereren Holzerträgen zu rechnen.



Hier können Klimaschutz und Anpassung in Konflikt geraten

- ▶ Um nachwachsende Rohstoffe anzubauen, was aus Klimaschutzgründen sinnvoll ist, braucht man Flächen. Um ein Biotopverbundsystem einzurichten, damit Tier- und Pflanzenarten bei geänderten Klimaverhältnissen ausweichen können, benötigt man ebenfalls Flächen. Beide Ziele sind sinnvoll – und konkurrieren miteinander.
- ▶ Wenn die Menschen in einer Stadt möglichst nah zusammenleben, reduziert das den Energieverbrauch – und schützt somit das Klima. Verdichtete Stadtstrukturen können aber im Sommer zu erhöhten Hitzebelastungen führen und erfordern Anpassungsmaßnahmen – auch damit nicht zu viel Energie zum Kühlen verschleudert werden muss. Deshalb sind die verbleibenden Freiräume sorgfältig zu gestalten. Auch Häuser zu dämmen, auf eine geringe Bodenversiegelung zu achten und Schatten spendende Laubbäume zu pflanzen, trägt dazu bei, dass es in der Stadt nicht unerträglich heiß wird. Planer müssen solche Wechselwirkungen zwischen Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel unbedingt im Blick haben.



GEWUSST WIE – FORSCHUNG HILFT ANPASSUNG





Ging es in der Klimaforschung früher darum zu verstehen, wie das Klimasystem funktioniert und wodurch ein menschengemachter Wandel möglichst verhindert werden kann, so beschäftigt sich die Wissenschaft heute auch damit, wie mit den Folgen des Wandels gut umzugehen ist.

Die Bundesregierung hat Anpassungsstrategien an den Klimawandel zu einem Schwerpunkt ihrer Hightech-Strategie zum Klimaschutz erklärt, für die das Bundesministerium für Bildung und Forschung die Führung übernommen hat. Auch in anderen Bundesministerien genießt das Thema Anpassung inzwischen hohe Priorität. So lässt das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit untersuchen, wie der Klimawandel möglichst

wenig dem Wasser, den Böden, der biologischen Vielfalt und der Gesundheit schadet. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung beschäftigt sich insbesondere mit den Konsequenzen für die Schifffahrt und die Raumordnung. Und das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz kümmert sich um Fragen der Züchtung, der Waldwirtschaft, des Pflanzenbaus und der Tierhaltung.

Was beeinflusst das Klima und wie ändert es sich?

Die Zusammenhänge sind äußerst komplex. Wie sich das Klima entwickelt, hängt nicht allein von der Atmosphäre ab. Auch Ozeane und Landoberflächen sind zentrale Einflussfaktoren – und häufig gibt es

komplizierte Wechselwirkungen. Das herauszufinden ist Sache der **Klimasystemforschung**. Nur auf ihrer Grundlage können Szenarien und Modelle für die Zukunft entwickelt werden – und erst davon lassen sich dann auch Anpassungsstrategien ableiten.

Erst wenn man versteht, wie das Klimasystem funktioniert, kann man seriöse Vorhersagen machen, was sich ändern wird – um daraus konkrete Anpassungsmaßnahmen abzuleiten. In den Forschungszentren der Max-Planck-Gesellschaft und der Helmholtz-Gemeinschaft, in Leibniz-Instituten und an Universitäten untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler seit langem, wie Temperaturen, Ozeane, Luft- und Landmassen das Klima beeinflussen. Am Deutschen Klimarechenzentrum (DKRZ) in Hamburg wird bis Anfang 2009 ein neuer Höchstleistungsrechner installiert, der vielfältige Daten verarbeiten und daraus fundierte und detaillierte Klimamodelle ableiten kann. Sowohl weltweite als auch regionale Entwicklungen lassen sich damit prognostizieren. Seit 2005 erarbeitet die „Service-Gruppe Anpassung“ (SGA) am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg eine einheitliche Basis für Methoden und Daten, die den Klimawandel betreffen. Die Forscher wollen ihre Ergebnisse praxistauglich gestalten und Leute beraten, die für ihre Entscheidungen die Klimamodelle verstehen sollten.



Rückkehr der Blumen-Königinnen: Orchideen wie der Bienen-Ragwurz breiten sich in Deutschland wieder aus



Die bisherigen Prognosen der Klimamodelle beziehen sich auf Zeiträume, die deutlich in der Zukunft liegen. Für die Planung von Vorsorgemaßnahmen ebenso wie für wirtschaftlich relevante Investitionsvorhaben mit ihren Planungs-, Finanzierungs- und Umsetzungszeiträumen sind aber genauere Kenntnisse über die Klimaentwicklung der jeweils nächsten zehn Jahre, also mittelfristige Vorhersagen, notwendig. Dieser Zeitraum soll künftig durch Wetter- und Klimaszenarien abgedeckt werden. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung will die Entwicklung solcher „mittelfristiger Klimaprognosen“ fördern.

Wo ist was besonders gefährdet?

Die **Klimafolgenforschung** untersucht, wie sich Klimaänderungen auf andere natürliche Systeme auswirken. Wie wandelt sich der Wasserkreislauf, wie reagieren Tiere und Pflanzen? Auch die Einflüsse auf menschliche Lebensbedingungen sind ein zentrales Interesse der Klimafolgenforschung: Was bedeuten längere Trockenperioden für die Bauern, wie sieht es künftig mit den Schneesverhältnissen in bestimmten Ferienregionen aus?

Verschiedene Institute und Universitäten in Deutschland arbeiten an der Lösung dieser Fragen. So erarbeiten beispielsweise Sozial- und Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) Systemanalysen, Szenarien und Computersimulationen. Auf dieser Basis können Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft fundierte Entscheidungen treffen, was Klimaschutz und Anpassungsstra-

tegien angeht. Auch der Deutsche Wetterdienst (DWD) liefert wichtige Informationen, mit denen sich die Folgen des Klimawandels für das Stadtklima, das Gesundheitswesen sowie für Agrar- und Wasserwirtschaft abschätzen lassen.

Damit Bund, Länder und Kommunen systematisch das Thema Anpassung angehen können, benötigen sie eine gemeinsame Basis an Methoden, Daten und Erkenntnissen über den Klimawandel, die zu erwartenden Folgen und die bereits zu beobachtenden Effekte. Außerdem brauchen sie Indikatoren, um Rückkopplungen und Wechselwirkungen erkennen zu können. Danach ist es möglich, systematisch spezifische Fragestellungen zu untersuchen: Wie wirkt sich der Klimawandel auf eine bestimmte Branche aus, wer wird in einer Region besonders zu leiden haben, oder was bedeutet der Bau eines Deiches für die biologische Vielfalt – und welche anderen Sektoren beeinflusst das dann wiederum?

Erste Forschungsergebnisse

- ▶ Die „Vulnerabilitätsstudie“ des Umweltbundesamtes von 2005 (Zebisch et al. 2005), die erstmals in einer bundesweiten, methodisch umfassenden Gesamtbetrachtung Klimafolgen und die Bewertung der Verwundbarkeit zusammengestellt hat.
- ▶ Ergebnisse des Forschungsprogramms DEKLIM, unter anderem zur Verwundbarkeit des deutschen Küstenraums (Bundesministerium für Bildung und Forschung).
- ▶ Sachstandsanalyse der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft zu Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen für die deutsche Landwirtschaft (2007).
- ▶ Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung hat eine Broschüre zu „Schifffahrt und Wasserstraßen in Deutschland – Zukunft gestalten im Zeichen des Klimawandels – Bestandsaufnahme“ veröffentlicht (siehe www.bmvbs.de/dokumente/-,302.1028123/Publikationen/dokument.htm). Nun werden die Forschungslücken geschlossen und Anpassungsmöglichkeiten entwickelt werden.
- ▶ Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung wird auch Modellvorhaben durchführen, in denen es darum geht, wie sich Raumentwicklung angesichts des Klimawandels verändert. Dabei soll auch untersucht werden, wie man trotz zahlreicher Unsicherheiten zu sinnvollen Ergebnissen kommt. Bis Ende 2009 läuft noch die Vorstudie, die in Bezug auf den Klimawandel verschiedene Raumtypen identifiziert.
- ▶ Das Bundesministerium für Bildung und Forschung ist im Forschungsnetzwerk CIRCLE aktiv, das Forschungsförderer zum Thema Klimawirkung und Anpassung aus 19 Ländern der Europäischen Union verbindet.

Die Bundesregierung wird methodische Vorschläge erarbeiten lassen, um Verwundbarkeiten abschätzen zu können. Darüber hinaus sollen Indikatorensysteme entwickelt werden. Fachliche Unterstützung dafür bietet eine Konzeptstudie, die das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in Auftrag gegeben hat und deren Ergebnisse ab 2009 zu erwarten sind. Auch das Bundesministerium für Bildung und Forschung ist hier ständig am Ball.

Anpassung in einzelnen Regionen und Wirtschaftsbereichen erforschen

Sich an den Klimawandel anzupassen bedeutet vor allem, die negativen Seiten der Klimafolgen für Mensch und Umwelt zu reduzieren und sich so vorzubereiten, dass Wohlstand, Lebensqualität und Zukunftsmöglichkeiten möglichst wenig leiden. Die **Anpassungsforschung** zielt auf die



Weinanbau in Brandenburg



Wetterstation auf der Nordsee-Insel Amrum

Entwicklung von Strategien und Maßnahmen, mit denen Regionen oder Wirtschaftsbereiche fit für ein Leben und Wirtschaften unter den Bedingungen des Klimawandels gemacht werden können. In regionaler Perspektive geht es dabei darum, Auswirkungen des Klimawandels auf regionale Planungs- und Entscheidungsprozesse zu berücksichtigen, regionale Netzwerke zu schaffen sowie Technologien, Verfahren und Konzepte zur Anpassung in den jeweiligen Regionen zu entwickeln und zu erproben. In der sektoralen Anpassungsforschung stehen spezifische Bedürfnisfelder, etwa die Ernährung, oder Wertschöpfungsketten im Blickpunkt. Die sozialen Folgen des Klimawandels und wie diese aufgefangen werden können, sind ein weiteres zentrales Anliegen.

Sektorale Anpassungsforschung ist nicht neu: Schon seit 20 Jahren beschäftigt sich das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz damit, wie unter den Bedingungen des Klimawandels eine standortgerechte Agrarproduktion aussehen kann. Anfang 2008 wurde ein neues Institut eingerichtet, das vor allem erforscht, was der Klimawandel für Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, ländliche Räume und Gewässer bedeutet – und wie damit ökonomisch und ökologisch am besten umzugehen ist. Sollten andere Pflanzen angebaut oder technisch etwas verändert werden? Welche neuen Parasiten sind zu erwarten – und wodurch wird man ihrer Herr?

Hier wird geforscht

Klimazwei: Mit diesem Förderprogramm verfolgt das Bundesministerium für Bildung und Forschung das Ziel, praktische Handlungshilfen zu entwickeln. Unterstützt werden zum einen Projekte, die darauf abzielen, dass weniger Treibhausgase entstehen. Zum zweiten gibt es aber auch 15 Millionen Euro Fördergeld für 19 Forschungsverbünde, die Anpassungsmaßnahmen entwickeln (siehe www.klimazwei.de).

KLIMZUG: Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat den Förderschwerpunkt KLIMZUG aufgelegt: „Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“. Er soll Regionen helfen, die zu erwartenden extremen Wetterereignisse in ihre Planungen einzu beziehen und sie fit zu machen für das Leben unter Bedingungen des Klimawandels. Die Regionen sollen sich untereinander vernetzen, Erfahrungen, Techniken und Strategien austauschen und – wo möglich – auch gemeinsam Chancen nutzen. Zwischen 2008 bis 2013 stellt das Bundesforschungsministerium 75 Millionen Euro für KLIMZUG zur Verfügung (siehe www.klimzug.de).

GLOWA: Um das Thema „Globaler Wandel des Wasserkreislaufes“ geht es in fünf großen Verbundprojekten, die seit dem Jahr 2000 zusammenarbeiten. Sie entwickeln Entscheidungsgrundlagen, wie die lebensnotwendige Ressource Wasser unter veränderten Rahmenbedingungen am besten zu bewirtschaften ist. Auf deutschem Boden werden die GLOWA-Projekte zur Elbe und zur Donau gefördert.

KLIWAS: Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung hat Mitte 2008 das Forschungsprogramm „KLIWAS“ auf den Weg gebracht: „Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt – Entwicklung von Anpassungsoptionen“. Neben Verkehrsbelangen sollen auch andere Aspekte der Meeres-, Küsten- und Binnengewässer untersucht werden. Im Zentrum steht die Frage, wie sich sinkende oder steigende Wasserspiegel, extremes Hoch- und Niedrigwasser sowie veränderte Niederschlags- und Verdunstungsmengen auf die Schifffahrt auswirken. Auch die Wasserwirtschaft soll später von den Erkenntnissen profitieren können. Darüber hinaus fördert das Ministerium ein Modellvorhaben, das der Frage nachgeht, was der Klimawandel für Raumordnung, Regional- und Stadtentwicklung bedeutet und wie Anpassung hier konkret umgesetzt werden kann.



Erlenbruchwald auf der Insel Rügen

Das Land nachhaltig nutzen

Ob ein Stück Land mit Wald, Asphalt oder einem Acker bedeckt ist, beeinflusst das lokale Klima. Auch die Vielfalt und die Leistung der Lebewesen, die hier anzutreffen sind, hängen wesentlich von der Art der Landnutzung ab. Umgekehrt hängt die Möglichkeit, Nutzpflanzen anzubauen oder andere Leistungen, wie Grundwasser oder frische Luft geliefert zu bekommen, stark davon ab, wie oft und wie viel es regnet oder welche Temperaturen herrschen. Kurzum: Wechselwirkungen zwischen Klima und Landnutzung prägen das System. Sie zu untersuchen rückt immer stärker ins Zentrum des wissenschaftlichen Interesses: Schließlich hängen die künftigen Möglichkeiten, das Land zu nutzen, wesentlich davon ab.

Zum einen geht es darum, negative Wirkungen von Eingriffen zu verhindern oder zumindest abzumildern. Zum anderen stellt die Landoberfläche sowohl eine Quelle als auch Senke von Treibhausgasen dar. Letzteres bedeutet zum Beispiel, dass das Treibhausgas CO₂ in Wäldern oder Mooren gebunden werden kann.

Weil hier vieles miteinander zusammenhängt, kommen Forscherinnen und Forscher nur mit integrativen, das heißt umfassenden Ansätzen voran. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat hierzu aktuell einen Förderschwerpunkt ausgeschrieben. In Beispielregionen, die besonders vom Klimawandel betroffen sind, sollen Strategien, Handlungsoptionen und Systemlösungen entwickelt werden.

Bundesregierung liefert Instrumenten für Akteure

Es macht keinen Sinn, immer wieder das Rad neu zu erfinden. Deshalb liefert die Bundesregierung einen Instrumentenkasten, mit dem Akteure herausfinden können, was in ihrem Bereich durch den Klimawandel ansteht und welche Möglichkeiten sie haben, damit umzugehen. Checklisten sollen Unternehmen, Organisationen und Verwaltungen helfen.

Ein Beispiel ist das seit Ende 2008 laufende Vorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und des Umweltbundesamtes „Operative und strategische Unterstützung des Managements von Klimarisiken und -chancen“. Auch der Projektkatalog „gute Praxis“ ist hilfreich – er ist im Internet unter www.anpassung.net einzusehen. Als weiteres Instrument lässt die Bundesregierung ein geografisches Informationssystem erarbei-

ten, das Risikokarten zu bestimmten Themen bereithält.

Anregungen zur Entwicklung derartiger Instrumente gibt es zum Beispiel in Großbritannien. Das „UK Climate Impacts Programme“ stellt kostenlos die Instrumente „Adaptation Wizard“, „Business Assessment Tool“ und „Local Climate Impacts Profile“ zur Verfügung.

Schwerpunkte setzen, Erfolge und Misserfolge ermitteln

Um den Anpassungsbedarf angemessen zu bewerten, müssen die Auswirkungen auf verschiedene Sektoren einbezogen werden. Um daraus Schwerpunkte oder Prioritäten des Handelns abzuleiten, die von vielen akzeptiert werden, braucht man allgemein anerkannte Bewertungskriterien. So könnte man sich zum Beispiel darauf einigen, dass irreversible Veränderungen zuallererst zu vermeiden sind. Auch das Ausmaß der erwarteten Auswirkungen, der Schadensumfang und die Frage, ob die Folgen sofort oder erst in fernerer Zukunft eintreten, könnten geeignete Bewertungsmaßstäbe sein.

Bisher fehlen für Deutschland abgestimmte Kriterien. Hier muss zunächst weitergeforscht, dann diskutiert und entschieden werden.

Der Klimawandel wird vielfach zu wirtschaftlichen Einbußen führen. Doch auch Gegenmaßnahmen kosten. Ökonomische Analysen sind eine wichtige Grundlage, wenn es

darum geht, verschiedene Handlungsmöglichkeiten gegeneinander abzuwägen. Darüber hinaus müssen auch die Schäden kalkuliert werden, die trotz Anpassungsmaßnahmen entstehen werden.

Innerhalb der Hightech-Strategie zum Klimaschutz der Bundesregierung laufen derzeit Forschungsprojekte, die die Folgen des Klimawandels für Branchen, Volkswirtschaften, global verflochtene Wertschöpfungsketten und die Weltwirtschaft als Ganzes abzuschätzen versuchen. Dabei sollen nicht nur die Kosten, sondern auch die ökonomischen Vorteile für einzelne Branchen und Wirtschaftsbereiche berücksichtigt werden, die sich durch die internationalen Klimaabkommen ergeben. Schließlich wird die Nachfrage nach klimaschonender Technik weiter deutlich zunehmen.

Ist eingetreten, was durch die Anpassung erhofft und erwartet wurde? Bevor eine Maßnahme ausgeweitet oder auf andere Regionen übertragen wird, sollte ihr Erfolg kontrolliert werden. Auch die Reaktion von Anwohnern, Unternehmen und Verbänden liefert Hinweise, ob das Projekt als „gute Praxis“ gelten kann. Erfolg sollte am klassischen Nachhaltigkeitsdreiklang gemessen werden: Was bedeutet die Maßnahme – oder ihr Fehlen – für Ökologie, Ökonomie und Soziales?

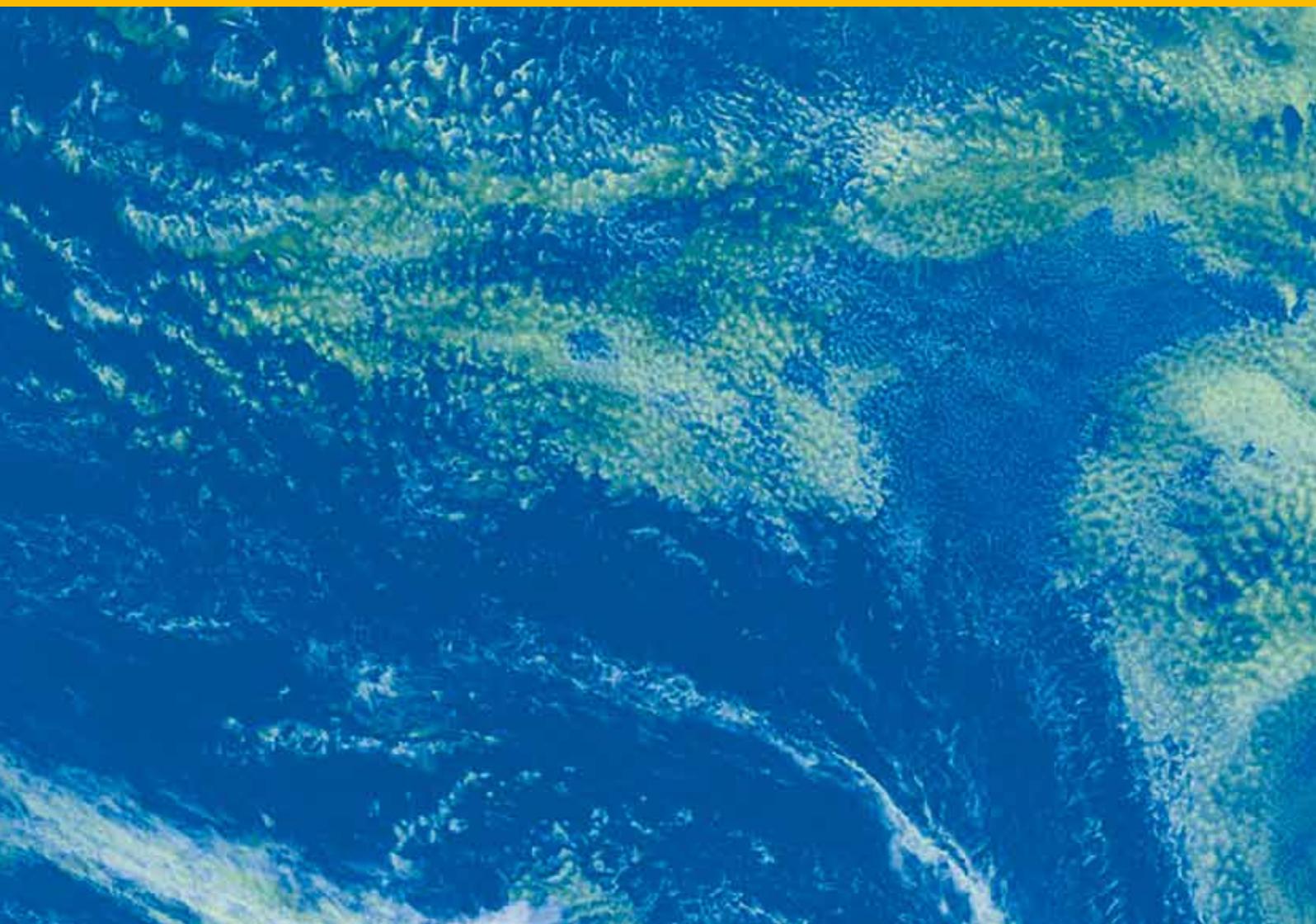
Regelmäßig über laufende Aktivitäten zu berichten, ist der erste Schritt, um die Deutsche Anpassungsstrategie zu überprüfen und auszuwerten. Parallel dazu wird die Bundesregierung geeignete Instrumente und Indikatoren entwickeln lassen (siehe unter „Wo ist was besonders gefährdet?“, Seite 51).

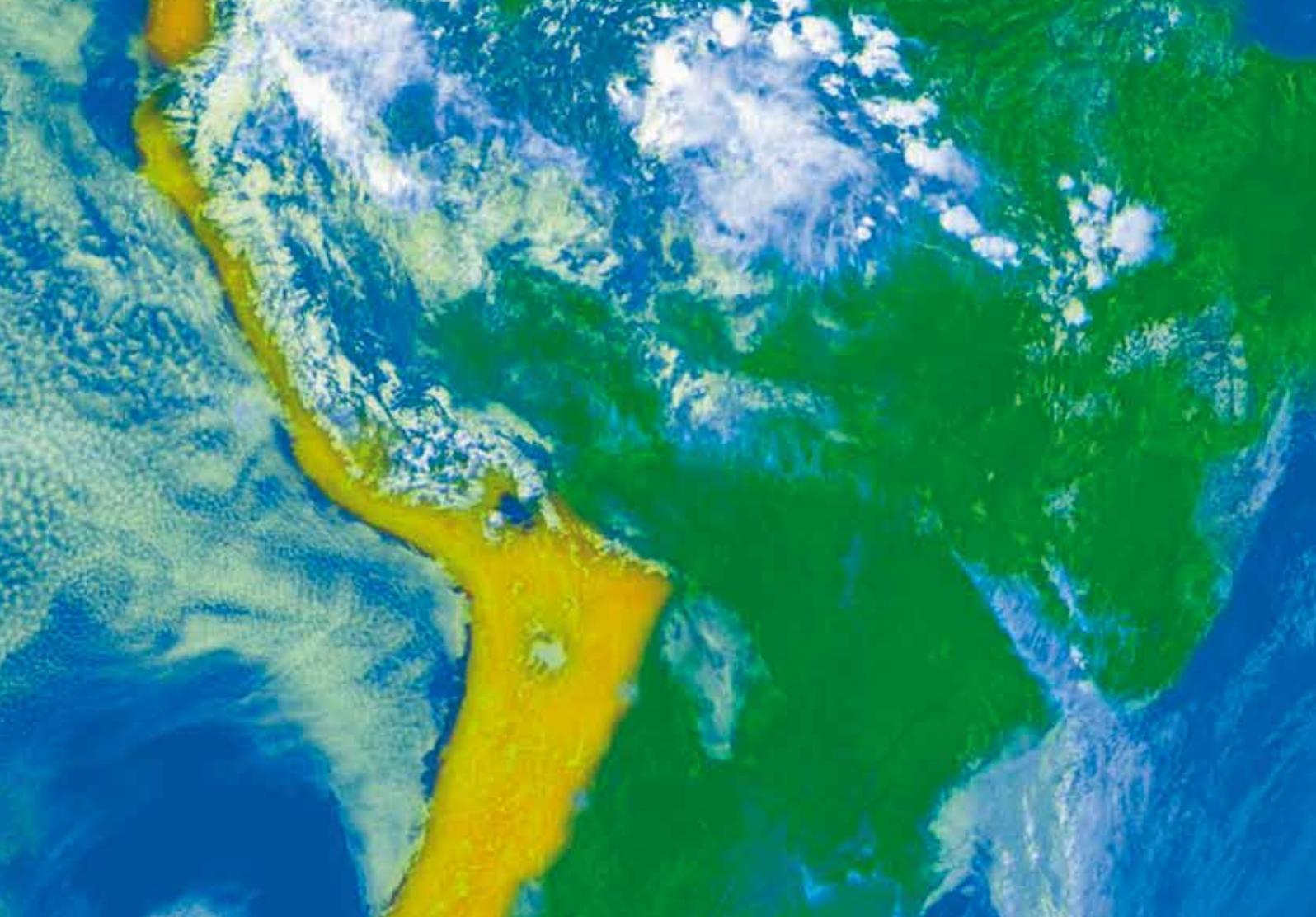


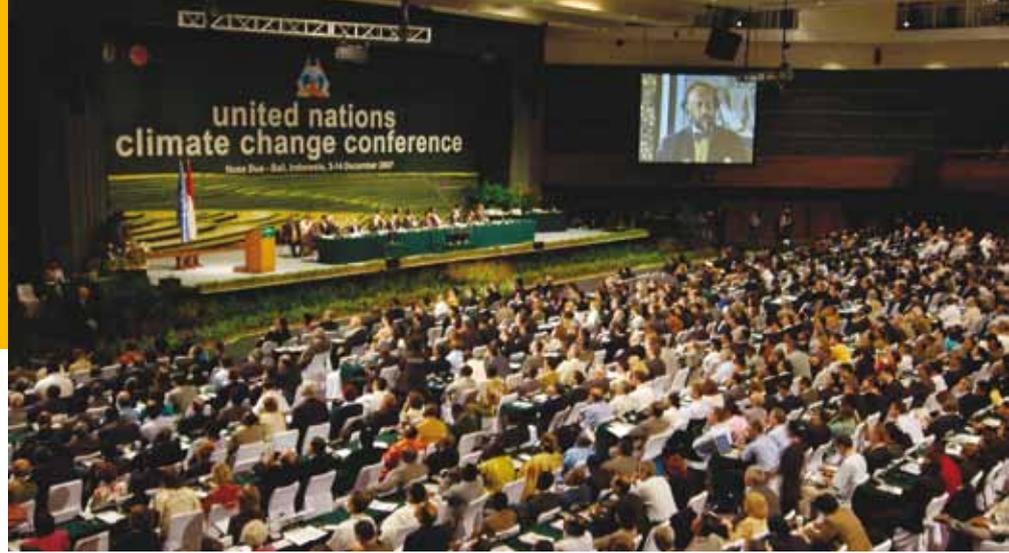
Ausgetrockneter See im oberen Isartal/Bayern, April 2007



ANPASSUNG GLOBAL - DER DEUTSCHE BEITRAG







5.1 Was unternimmt die Weltgemeinschaft?

Die Menschheit muss sich an den Klimawandel anpassen und entsprechende Maßnahmen entwickeln, um sich zu schützen. Das hat die internationale Staatengemeinschaft – und damit auch Deutschland – bereits in den 1990er Jahren beschlossen. Danach sollen insbesondere Entwicklungsländer, die gegenüber den nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels sehr anfällig sind, bei der Anpassung unterstützt werden. Obwohl die ärmeren Regionen der Welt nur wenig für den Klimawandel verantwortlich sind, haben sie absehbar große Lasten zu tragen. Verschiedene Institutionen kalkulieren den Finanzbedarf für Anpassung sehr unterschiedlich. Das Sekretariat der Klimarahmenkonvention (UNFCCC Sekretariat) gibt aktuell für Entwicklungsländer einen Finanzierungsbedarf von 23 bis 54 Millionen Euro pro Jahr für 2030 an (siehe auch www.germanwatch.org/klima/adapt08e.pdf).

Auf Bali haben die Vertragsstaaten der Vereinten Nationen (UN) Ende 2007 einen Aktionsplan beschlossen (UNFCCC-Entscheidung 1/CP.13), der die vier Säulen Minderung der Treibhausgase, Anpassung, Finanzierung und Technologie umfasst. Dazu wird 2009 ein eigener Anpassungsfonds seine Arbeit aufnehmen.

Dahinter steht auch die Einsicht, dass die Folgen des Klimawandels bereits heute Konflikte anheizen. Wenn sich Wüsten ausbreiten, das Trinkwasser regional noch knapper wird, Ernten verdorren, Unwetter häufiger auftreten oder ganze

Küstenregionen vom Meeresspiegelanstieg bedroht sind, werden Menschen ihre Heimat verlassen. Schon heute ist ein Teil der weltweiten Migration auf derartige Klimafolgen zurückzuführen. Sowohl die Vereinten Nationen in ihrer Sicherheitsrat-Debatte im April 2008 als auch die EU mit ihrem Beschluss für ein Europäisches Aktionsprogramm sowie die deutsche Bundesregierung (siehe www.wbgu.de/wbgu_jg2007.html) haben diesen Zusammenhang klar benannt.

5.2 Was unternimmt die Bundesregierung?

Insbesondere in Teilen Afrikas und für die kleinen Inselstaaten wirkt sich der Klimawandel umfassend aus. Fortschritte bei der Armutsbekämpfung könnten zunichte gemacht werden. Deshalb muss die deutsche Entwicklungspolitik den Klimawandel einbeziehen. Insbesondere bei Programmen, die das Ziel haben, die im Jahr 2000 vereinbarten Millenniumentwicklungsziele zu erreichen. Schließlich macht es keinen Sinn, eine Schule in einem Gebiet zu bauen, das durch Meeresspiegelanstieg gefährdet ist, oder eine Landwirtschaft zu fördern, die zukünftig keine Erträge mehr erwarten lässt. Das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung sorgt daher für einen systematischen „Klimacheck“ der Entwicklungshilfe-

programme und Maßnahmen. Der soll sicherstellen, dass die deutsche Politik die Widerstandsfähigkeit von Entwicklungsländern gegen den Klimawandel tatsächlich stärkt.

Vor allem gilt es, Menschen vor Ort mit dem notwendigen Handwerkszeug auszustatten, damit sie den Anpassungsprozess selbst initiieren und steuern können. Auch gilt es, andere Länder darin zu unterstützen, selbst eine angemessene Anpassungsstrategie zu erarbeiten, um ihre Entwicklungspolitik daran orientieren zu können. Wie so etwas aussehen kann, zeigen die bereits vorliegenden Programme für die am wenigsten entwickelte Länder, die 38 vorliegenden „National Adaptation Programmes of Action“ (NAPA; siehe <http://unfccc.int/adaptation/napas/items/2679.php>). Zur Unterstützung gehört auch, Forschungskapazitäten auszubauen. Die Bundesregierung setzt sich dafür ein, dass auf der Vertragsstaatenkonferenz zum Klimaschutz 2009 in Kopenhagen ein ausreichend großer Finanztopf beschlossen wird, damit Anpassungsmaßnahmen in Entwicklungsländern bezahlt werden können.

Die Bundesregierung hat im Haushalt 2009 für den Geschäftsbereich des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) rund 5,7 Milliarden Euro eingeplant. Dadurch wird deutlich, dass Deutschland zu den gewichtigen

Partnern in der internationalen Armutsbekämpfung zählt. Dies schließt auch die Unterstützung von Anpassungsbemühungen von Entwicklungspartnern ein.

Darüber hinaus engagiert sich Deutschland für das Nairobi-Arbeitsprogramm. Es hilft Ländern, die Auswirkungen des Klimawandels besser zu verstehen und zu fassen. Schließlich beteiligt sich Deutschland auch an mehreren multilateralen Projekten – etwa dem „Strategic Climate Fund“ der Weltbank – und bezieht das Thema überall dort in seine bilaterale Zusammenarbeit mit Staaten ein, wo es sinnvoll und notwendig erscheint. Die Leitfragen dabei sind: Wie wird sich der Klimawandel auf ein Land auswirken und wie kann es schon jetzt beginnen, sich auf dieses Zukunftsszenario vorzubereiten? Was muss getan werden, um die wirtschaftliche, gesellschaftliche und politische Verwundbarkeit eines Landes durch den Klimawandel zu verringern? Und wer braucht Unterstützung bei der Anpassung? Im Zentrum stehen die am stärksten betroffenen Sektoren Landwirtschaft, Wasser und Gesundheit.

Zur Unterstützung der Anpassung sollte auch geprüft werden, wo mit der Umwelt-, Agrar-, Handels- und Forschungspolitik zusammengearbeitet werden kann. Ökosysteme nachhaltig zu nutzen und Ressourcen klug zu bewirtschaften, ermöglichen oft Situationen von allseitigem Nutzen. Im besten Fall mindern Maßnahmen gleichzeitig die Armut, die Natur wird geschützt, das Klima entlastet und notwendige Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel werden realisiert. Internationale Handels-

abkommen können ebenfalls in eine solche Richtung wirken. Ein Beispiel ist der EU-Aktionsplan „Rechtsdurchsetzung, Politikgestaltung und Handel im Forstsektor“ (EU-FLEGT), der das illegale Abholzen von Bäumen und Wäldern bekämpft.

Vor allem in den ärmsten Ländern gefährdet der Klimawandel eine gesicherte Ernährung. Deshalb muss eine nachhaltige, zukunftsfähige Landwirtschaft aufgebaut werden. Forschung, Beratung und Ausbildung sind dafür wichtige Voraussetzungen. Zugleich sollte die Wirtschaftsstruktur vielfältiger werden. Wie das konkret aussieht, muss in Kooperation mit den betroffenen Ländern im Einzelfall untersucht und dann in maßgeschneiderten Programmen umgesetzt werden. Deutschland und andere Geberländer unterstützen solche Prozesse, die Verantwortung aber liegt bei den Entwicklungsländern. Sie müssen Strukturen aufbauen, die auf lange Sicht ohne Hilfe von außen bestehen können.

Die Alternative ist folgenscher – und zwar für alle. Verschlechtern

sich die Lebensbedingungen aufgrund des Klimawandels weiter, verlassen immer mehr Menschen ihre Heimat. Soziale Spannungen werden einer politischen und religiösen Radikalisierung Vorschub leisten – und die Fluchtursachen weiter verschärfen. Davon betroffen könnten insbesondere Länder sein, aus denen heute schon Abwanderungsrouten in die Europäische Union und ihre Nachbarregionen führen. Die Zusammenhänge zwischen klimatischen Veränderungen und Wanderungsbewegungen (Migration) werden derzeit erforscht (siehe zum Beispiel: www.each-for.eu/index.php?module=main). Weil die EU-Migrationspolitik so konstruiert ist, dass sie flexibel reagieren kann, ist sie im Prinzip auf diese Anforderungen vorbereitet. Sie verfügt auch über Instrumente, um mit Drittstaaten entlang der wichtigsten Wanderungsbeziehungsweise Migrationsrouten entsprechend zu kooperieren. Dagegen muss der globale migrationspolitische Dialog – zum Beispiel im Rahmen des „Global Forum Migration and Development“ (GFMD) – noch um das Thema „Klimawandel und die Folgen“ ergänzt werden.

Deutsche Klimaschutzinitiative

Unabhängig von den anstehenden internationalen Entscheidungen, eine Finanzierung zu organisieren, mit der Entwicklungsländer unterstützt werden, ohne ihnen die Entscheidungen aus der Hand zu nehmen, hat die Bundesregierung bereits im Jahr 2008 rund 120 Millionen Euro für internationale Anpassungs- und Klimaschutzprojekte zur Verfügung gestellt. Die deutsche Klimaschutzinitiative wird aus Erlösen des Emissionshandels finanziert. Im Jahr 2009 sind für internationale Projekte weitere 225 Millionen Euro eingeplant (www.bmu.de/klimaschutzinitiative).

DER WEG ZUM AKTIONSPLAN





Die Bundesregierung will bis Ende März 2011 einen Aktionsplan zur Klimaanpassung vorlegen. Dieser wird auf aktuellen Klimainformationen und Forschungsergebnissen aufbauen. Um diesen zu erarbeiten, muss und wird sie auf mehreren Ebenen aktiv werden.

6.1 Informieren

Anpassung erfordert häufig, sein Verhalten zu ändern. Das heißt auch oft, Geld auszugeben. Ob jemand dazu bereit ist, hängt wesentlich davon ab, ob er einen ausreichenden Nutzen davon erwartet.

Damit die Bürgerinnen und Bürger eigenverantwortlich und kompetent entscheiden können, brauchen sie umfassende und objektive Informationen. Gleiches gilt für Fachleute, die Klimafolgen, Eintrittswahrscheinlichkeiten und Anpassungsmöglichkeiten einschätzen müssen, bevor sie etwas planen. Die Bundesregierung wird ihre Öffentlichkeitsarbeit daher verstärkt darauf ausrichten, den aktuellen Stand des Wissens zu vermitteln und zudem entsprechende Bildungsmaterialien herauszugeben.

Inhalte des Aktionsplans

- ▶ Grundsätze und Kriterien für die Benennung und Bewertung von Anpassungsbedarf
- ▶ eine Liste der Maßnahmen, die für die Bundesregierung im Vordergrund stehen
- ▶ eine Übersicht, welche Maßnahmen von anderen Akteuren geplant sind
- ▶ Aussagen zu Finanzierungsmöglichkeiten
- ▶ Vorschläge für eine Erfolgskontrolle von Anpassungsmaßnahmen
- ▶ die Weiterentwicklung der Deutschen Anpassungsstrategie und die Nennung der nächsten Schritte

Dazu wird die Bundesregierung Folgendes tun

- ▶ die Diskussion über die Deutsche Anpassungsstrategie fördern – und zwar fachübergreifend und mit vielfältigen Akteuren
- ▶ transparent machen, welche Risiken auf Deutschland durch den Klimawandel zukommen und darauf fußend abschätzen, wo und in welchem Umfang Schäden zu erwarten sind, wenn keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden
- ▶ dazu beitragen, dass Anpassung an den Klimawandel immer mitgedacht wird, wenn künftig geplant und entschieden wird
- ▶ geeignete Rahmenbedingungen schaffen, damit Anpassungskapazitäten entwickelt und gestärkt werden – und zwar sowohl auf ökologischer, technischer und gesellschaftlicher Ebene.



6.2 Viele Akteure beteiligen

Der Aktionsplan, der 2011 vorliegen wird, soll möglichst klar und konkret Verantwortlichkeiten festlegen. Um Interessenkonflikte schon im Vorfeld von Entscheidungen zu entschärfen oder zu überwinden, Eigeninitiative zu wecken sowie Ideen und Initiativen von vielen Seiten aufzunehmen, müssen relevante Akteure rechtzeitig mitreden können. Dabei sind selbstverständlich die von der Verfassung gesetzten Zuständigkeiten zu beachten.

Insbesondere die Bundesländer sind unverzichtbare Partner für die Anpassung. Die Bundesregierung will noch intensiver mit ihnen zusammenarbeiten, um ein koordiniertes Vorgehen zu erreichen.

Dabei sollen auch die bereits auf Länderebene entwickelten Pläne einbezogen werden. Regierungen und Verwaltungen müssen die Frage der Anpassung künftig immer mit berücksichtigen. Wie das abzusichern ist, muss gemeinsam geklärt werden.

Viele Anpassungsmaßnahmen sind auf regionaler oder lokaler Ebene zu planen und durchzuführen. Die Bundesregierung kann und will dafür Hilfestellungen anbieten. Wie die aussehen sollten, möchte sie mit den kommunalen Spitzenverbänden und Vertretern interessierter Kommunen und Kreise diskutieren. Um dabei Fachleute und die Bevölkerung einzubeziehen, sollen auch Online-Konsultationen und andere elektronische Beteiligungsformen eingesetzt werden. Darüber hinaus strebt die Bundesregierung den Dialog mit Unternehmen, Verbän-

den, Wissenschaft und weiteren gesellschaftlichen Akteuren an.

Um die Anpassungsstrategie im Dialog besser fassbar auszuarbeiten und weiter über Chancen der Anpassung und Risiken des Klimawandels zu diskutieren und zu informieren, veranstaltet das Bundesumweltministerium am **18. Mai 2009** die „**Berliner Klimakonferenz – Wege zur Anpassung an den Klimawandel**“. Die Konferenz will auch erste Vorstellungen für einen gemeinsamen Aktionsplan besprechen. In Verbindung mit der Konferenz findet am 19. Mai ein Fachworkshop mit den Kommunen statt. Danach geht es in Fachgesprächen und -konferenzen zu einzelnen Aspekten weiter. Zusätzlich soll das Thema in bereits bestehenden Dialog-, Beteiligungs- und Beratungsgremien auf die Tagesordnung kommen.



Gremien: Hier wird Politik gemacht, geforscht und Wissen vermittelt

Die Bundesregierung wird eine **Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassung an den Klimawandel (IMA Anpassungsstrategie)** einsetzen, in der alle Ressorts vertreten sind. Die Federführung und Verantwortung liegt beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Die IMA erarbeitet den Aktionsplan Anpassung. Ab dem Jahr 2013 wird sie im Zweijahresrhythmus bewerten, wie er bis dahin umgesetzt wurde. In der IMA sollen nicht nur die verschiedenen Perspektiven und Interessen der Ressorts auf den Tisch kommen. Die Arbeitsgruppe soll auch den allgemeinen Dialog- und Diskussionsprozess organisieren und begleiten.

Der vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit initiierte **Bund-Länder-Austausch zur Anpassung an den Klimawandel** wird mit neuem, erweitertem Mandat fortgesetzt. Außerdem ist der Klimawandel auch regelmäßig Thema auf Bund-Länder-Fachministertreffen.

Das Bundesumweltministerium hat im Jahr 2006 das **Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung**

(KomPass) im Umweltbundesamt eingerichtet (www.anpassung.net). Wer sich über Anpassung informieren will, ist hier richtig. KomPass bereitet Fachwissen verständlich auf und versorgt insbesondere Entscheidungsträger damit. Außerdem hat es die Aufgabe, Akteure miteinander zu vernetzen, die Öffentlichkeit zu sensibilisieren und einen Überblick über Anpassungsprojekte bereitzustellen.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung schreibt Information und Beratung in seiner High-tech-Strategie zum Klimaschutz groß. Deshalb soll das **Climate Service Center (CSC)** am Helmholtz-Forschungszentrum in Geesthacht das Wissen über die aktuelle Klimaforschung schnell unter die Leute bringen. Außerdem haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Aufgabe, verschiedene Klimaszenarien und -modelle miteinander zu verknüpfen und daraus handhabbare Daten und Beratungsangebote abzuleiten. Das CSC koordiniert seine Aktivitäten mit KomPass und dem Deutschen Wetterdienst, um Doppelarbeit zu vermeiden.

Ein Beispiel: Der Dialog mit der Finanzwirtschaft

In punkto Klimawandel und Finanzwirtschaft kommt es der Bundesregierung vor allem auf zwei Aspekte an: Anpassungsprojekte müssen zum einen Finanzierungsmöglichkeiten finden. Zum anderen brauchen Firmen, die entsprechende Techniken herstellen, ausreichend Geld, um ihr Marktpotenzial zu erschließen. Als Dialogpartner steht der Bundesregierung das „Finanz-Forum: Klimawandel“ gegenüber, das sich im Rahmen der Hightech-Strategie zum Klimaschutz gegründet hat.

Gegenwärtig erarbeitet das Finanz-Forum gemeinsam mit dem „Sustainable Business Institute“ der European Business School (EBS) ein Programm. Das soll den Dialog zwischen dem Bundesfinanzministerium, den Banken und Versicherungen sowie Vertretern der Realwirtschaft organisieren. Ziel ist es, dass die Finanzwirtschaft sich angemessen und gut informiert auf den Klimawandel einstellt und ihre Instrumente darauf ausrichtet.



GLOSSAR

► **Anpassung**

Als Anpassung bezeichnet man Maßnahmen, mit denen natürliche und menschliche Systeme gewappnet werden, um die Folgen des Klimawandels möglichst unbeschadet zu überstehen. Die Maßnahmen sind vielfältig. Manche sorgen vor, andere reagieren auf bereits eingetretene Veränderungen. Manche werden vom Staat initiiert, andere von privaten Organisationen oder betroffenen Menschen. Manche geschehen autonom, andere sind geplant.

► **Anpassungsfähigkeit**

Die Anpassungsfähigkeit eines Landes hängt davon ab, welche Institutionen, Fähigkeiten und Ressourcen ihm zur Verfügung stehen.

► **Biologische Vielfalt**

Biologische Vielfalt oder Biodiversität umfasst drei Bereiche: die Vielfalt von Ökosystemen, die Vielfalt der Arten sowie die genetische Vielfalt innerhalb einer Art.

► **Empfindlichkeit, Sensitivität**

Empfindlichkeit bezeichnet das Maß, in dem ein natürliches oder menschliches System durch Klimaänderungen beeinflusst werden kann. Manche Veränderungen wirken unmittelbar, andere indirekt.

► **Extremes Wetterereignis, Extremereignis**

Jedes Wetter, das an einem Ort zu dieser Jahreszeit äußerst selten auftritt, ist ein extremes Wetterereignis. Wenn extremes Wetter über eine längere Zeitspanne bestehen bleibt, kann es als „extremes Klimaereignis“ klassifiziert werden.

► **Klima**

Klima wird im engen Sinn definiert als statistisches „Durchschnittswetter“, das in einer Region über Monate bis hin zu Tausenden von Jahren herrscht. Der klassische, von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) definierte Zeitraum (= **Klimanormalperiode**) sind 30 Jahre. Einbezogen sind die Variablen Temperatur, Niederschlag und Wind.

► **Klimamodell**

Ein Klimamodell beschreibt ein Klimasystem mit Zahlen. Einbezogen sind – je nach Komplexität – mehr oder weniger viele physikalische, chemische und biologische Eigenschaften. Wechselwirkungen und Rückkopplungsprozesse werden berechnet – etwa der Zusammenhang von Temperatur, Meeresströmungen und Eisbildung. Interaktive Klimamodelle werden verwendet, um den Einfluss verschiedener Faktoren zu verste-

hen, Veränderungen zu simulieren und Prognosen zu erstellen.

► **Klimaprognose**

Eine Klimaprognose schätzt ein, wie sich das Klima wahrscheinlich entwickeln wird.

► **Klimaprojektion**

Klimaprojektionen versuchen vorherzusagen, wie sich das Klima verändert, wenn unterschiedliche Mengen und Arten von Treibhausgasen emittiert werden.

► **Klimavariabilität**

Klimavariabilität bezeichnet die zeitlichen und räumlichen Schwankungen des Klimas um einen mittleren Zustand herum. Die Variabilität kann durch natürliche Prozesse innerhalb des Klimasystems zustande kommen (interne Variabilität) oder durch menschliche Einflüsse verursacht sein (externe Variabilität).

► **Kritische Infrastrukturen**

Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden.

► **Regionales Klimamodell**

Tendenziell arbeiten regionale Klimamodelle mit zwei unterschiedlichen Verfahren. Die einen stellen zunächst Beziehungen her zwischen Großwetterlagen und der Situation in kleineren Gebieten in der Vergangenheit und leiten dann anschließend aus den globalen Klimamodellen Vorhersagen auch für die Zukunft des regionalen Klimas ab. Beispiele dafür sind WETTREG (Wetterlagenbasierte Regionalisierungsmethode) und STAR (Statistisches Regionalisierungsmodell). Dagegen leiten REMO (Regionalmodell) und CLM (Climate Local Model) ihre Ergebnisse direkt aus den globalen Klimamodellen ab, indem sie Parameter für Teilgebiete erstellen.

► **SRES-Szenarien**

SRES-Szenarien sind Emissions-szenarien des Weltklimarats (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC), die er seit seinem 2001 veröffentlichten Bericht „Special Report on Emission Scenarios“ verwendet. Folgende Begriffe sind wichtig, um Struktur und Gebrauch von SRES-Szenarien zu verstehen.

► **Szenarienfamilie:** Szenarien, die jeweils ähnliche gesellschaftliche, wirtschaftliche und technische Entwicklungen zu-

grunde legen. Vier Szenarienfamilien sind beschrieben: A1, A2, B1 und B2.

► **Illustratives Szenario:** Ein illustratives Szenario veranschaulicht, wie man sich die sechs Szenariengruppen jeweils vorzustellen hat. Der Weltklimarat hat dafür neben den vier überarbeiteten Szenarienfamilien (sie heißen jetzt A1B, A2, B1 und B2) noch zwei weitere Szenarien konstruiert: A1FI und A1T.

► **Musterszenarien:** Musterszenarien sollen berechnen, wie sich die eine oder andere Szenarienfamilie bzw. -gruppe unter bestimmten Bedingungen entwickelt.

► **Modellgeschichte:** Eine Modellgeschichte erzählt die Haupteigenschaften einer Szenariengruppe und beschreibt ihre Entwicklungsdynamik.

► **Unsicherheit**

Unsicherheit entsteht durch einen Mangel an Information oder durch unterschiedliche Meinungen darüber, was bekannt ist oder bekannt sein kann. Unsicherheit kann viele Ursachen haben: fehlerhafte Daten, mehrdeutig formulierte Konzepte und Terminologien oder die Ungewissheit, wie sich

Menschen verhalten. Unsicherheit wird entweder in Zahlen ausgedrückt – etwa wenn verschiedene Klimamodelle zu unterschiedlichen Prognosen über den Temperaturanstieg kommen. Unsicherheit kann aber auch eine qualitative Aussage eines Expertenteams sein.

► **Verwundbarkeit, Verletzlichkeit, Vulnerabilität**

Wie anfällig ein System für Schäden durch den Klimawandel ist, wird als Verwundbarkeit, Verletzlichkeit oder Vulnerabilität bezeichnet. Die Verwundbarkeit hängt von verschiedenen Faktoren ab. Von außen sind das Art, Ausmaß und Geschwindigkeit der Klimaänderung sowie deren Schwankungen. Innere Faktoren sind Empfindlichkeit und Anpassungskapazität des jeweiligen Systems.

INFORMATIONEN IM INTERNET

- ▶ www.bmu.de/42781: Informationen des Bundesumweltministeriums (BMU) zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Die Strategie finden Sie unter www.bmu.de/42783.
- ▶ www.bmu.de/klimaschutz: Information des Bundesumweltministeriums zum Klimawandel.
- ▶ www.uba.de/klimaschutz: Informationen des Umweltbundesamtes zum Klimaschutz.
- ▶ www.anpassung.net: Adresse des Kompetenzzentrums Klimafolgen und Anpassung des Umweltbundesamtes.
- ▶ www.bmelv.de/cln_045/nn_1275682/DE/111-Nachhaltigkeit/Handlungsfeld1Klima.html__nnn=true: Anpassung in der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft an den Klimawandel (Bundesministerium für Ernährung, Verbraucherschutz und Landwirtschaft).
- ▶ www.bmvbs.de/dokumente/-,302.1063353/Termin/dokument.htm: Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung informiert über das Forschungsprogramm Wasserstraßen und Klimawandel (KLIWAS).
- ▶ www.bbr.bund.de: Informationen des Bundesamts für Bauwesen und Raumordnung.
- ▶ www.bmi.bund.de/cln_145/DE/Themen/Sicherheit/BevoelkerungKrisen/Kritis/kritis_node.html: Der Schutz von kritischen Infrastrukturen wird vom Bundesministerium des Innern erläutert.
- ▶ www.bmbf.de/de/917.php: Information über Forschungsergebnisse zum Klimawandel vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- ▶ www.glowa.org: Ergebnisse des Forschungsprogramms „Globaler Wandel des Wasserkreislaufs“ (GLOWA, Bundesministerium für Bildung und Forschung).
- ▶ www.klimzug.de: Hier informiert das Bundesministerium für Bildung und Forschung über das Programm „Klimzug“ – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten.
- ▶ www.klimazwei.de: das Programm zu praxisorientierten Handlungsstrategien zur Anpassung an den Klimawandel „klimazwei – Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung.

- ▶ www.wbgu.de/wbgu_jg2007.html: Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ erfasst die Wechselwirkung zwischen Sicherheitskonflikten und Klimawandel.
- ▶ www.bundesregierung.de/Content/DE/___Anlagen/2008/05/2008-05-08-fortschrittsbericht-2008,property=publicationFile.pdf: Fortschrittsbericht der Bundesregierung zur Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie.
- ▶ www.gtz.de/de/dokumente/de-klima-anpassung-info.pdf: Die Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit erklärt Gründe und Folgen des Klimawandels und bietet verschiedene Handlungsoptionen zur Anpassung.
- ▶ www.dwd.de: Information des Deutschen Wetterdiensts zu Klima und Klimawandel.
- ▶ www.klimabuero.de, www.norddeutsches-klimabuero.de, www.sueddeutsches-klimabuero.de, www.ufz.de/index.php?de=17016, www.klimabuero-polarmeer.de: Die regionalen Klimabüros der Helmholtz-Gemeinschaft bieten Information zu Klimamodellierung, klimatischen Auswirkungen des Klimawandels und zu Extremereignissen.
- ▶ www.ufz.de/index.php?de=16028: Das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung erforscht die komplexen Wechselwirkungen zwischen Mensch und Umwelt in Bezug auf den Klimawandel. Unter www.ufz.de/index.php?de=16735 finden Sie die Dokumentation des Forschungssymposiums zur Deutschen Anpassungsstrategie.
- ▶ http://ec.europa.eu/environment/climat/home_en.htm: Information der Europäischen Union (EU) zum Klimawandel.
- ▶ http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2007/com2007_0354en01.pdf: Grünbuch der EU zu Anpassung an den Klimawandel.
- ▶ www.eea.europa.eu/de/themes/climate: Adresse der Europäischen Umweltagentur, Schwerpunkt Klima.
- ▶ www.each-for.eu/index.php?module=main: Das Programm EACH-FOR der Europäischen Kommission studiert den Bezug zwischen Migration und Klimawandel.
- ▶ www.ipcc.ch: Intergovernmental Panel on Climate Change.

- ▶ <http://unfccc.int/adaptation/items/4159.php>: United Nations Framework Convention on Climate Change, Schwerpunkt Anpassung.
- ▶ www.who.int: World Health Organisation (WHO) – Weltgesundheitsorganisation.
- ▶ www.wmo.int/pages/index_en.html: World Meteorological Organisation (WMO).

Internetseiten der Bundesländer zu Klimaschutz, Klimawandel und Anpassung

- ▶ www.umweltministerkonferenz.de/uploads/Endgueltiges_Ergebnisprotokoll_UMK_d10.pdf: Stellungnahme der Bundesländer zur Deutschen Anpassungsstrategie.

Baden-Württemberg

- ▶ www.lubw.baden-wuerttemberg.de
- ▶ www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/2908/
- ▶ www.kliwa.de

Bayern

- ▶ www.klima.bayern.de
- ▶ www.kliwa.de

Brandenburg

- ▶ www.mluv.brandenburg.de/cms/detail.php/107283
- ▶ www.mluv.brandenburg.de/info/mk_klimaschutz

Berlin

- ▶ www.berlin.de/sen/umwelt/klimaschutz

Bremen

- ▶ www.umwelt.bremen.de/klimaschutz

Hamburg

- ▶ www.hamburg.de/klimawandel/
- ▶ www.klima.hamburg.de/index.php?id=214
- ▶ <http://klimzug-nord.de/cms>

Hessen

- ▶ www.hmuv.hessen.de/irj/HMULV_Internet?cid=5ec6add988184f55cc1af07c8e8b96bd
- ▶ www.hlug.de/klimawandel/inklim/index.htm
- ▶ www.hmuv.hessen.de/irj/HMULV_Internet?cid=dd16dc7471467919427f8c8c0e227d75
- ▶ www.klimzug-nordhessen.de

Mecklenburg-Vorpommern

- ▶ www.wm.mv-regierung.de → Publikationen → Nachhaltige Entwicklung
- ▶ www.regierung-mv.de/cms2/Regierungsportal_prod/Regierungsportal/de/wm/_Service/Publikationen/index.jsp?&publikid=1239
- ▶ www.regierung-mv.de/cms2/Regierungsportal_prod/Regierungsportal/de/wm/Themen/Energieland_2020/Fachinformation_Klimaschutz/index.jsp
- ▶ http://service.mvnet.de/_php/download.php?datei_id=2105

Niedersachsen

- ▶ www.umwelt.niedersachsen.de/master/C916711_N11286_L20_D0_I598.html
- ▶ www.umwelt.niedersachsen.de/master/C48561565_N11441_L20_D0_I598.html

Nordrhein-Westfalen

- ▶ www.klimawandel.nrw.de

Rheinland-Pfalz

- ▶ www.klimawandel-rlp.de
- ▶ www.mufv.rlp.de
- ▶ www.kliwa.de

Saarland

- ▶ www.saarland.de/klimaschutz_wandel.htm

Sachsen

- ▶ www.klima.sachsen.de

Sachsen-Anhalt

- ▶ www.mu.sachsen-anhalt.de/start/main.htm
- ▶ www.mlu.sachsen-anhalt.de

Schleswig-Holstein

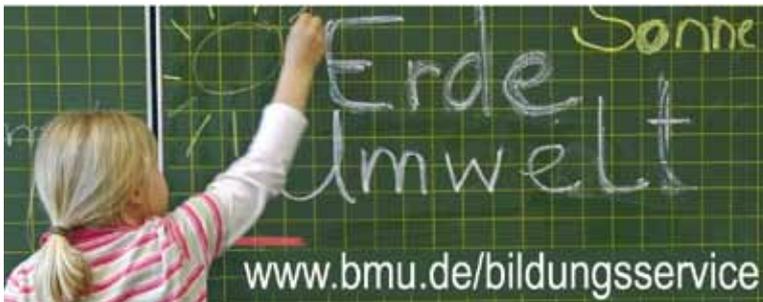
- ▶ www.schleswig-holstein.de/UmweltLandwirtschaft/DE/ImmissionKlima/06__Klimaschutz/klimaschutz__node.html

Thüringen

- ▶ www.thueringen.de/de/tmlnu

„Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen ...“

Grundgesetz, Artikel 20 a



BESTELLUNG VON PUBLIKATIONEN:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Postfach 30 03 61
53183 Bonn
Tel.: 0228 99 305-33 55
Fax: 0228 99 305-33 56
E-Mail: bmu@broschuerenversand.de
Internet: www.bmu.de

Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Gedruckt auf Recyclingpapier.