



Die  
Bundesregierung

# **Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel**

**vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen**

# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Zusammenfassung</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>1. Ziele und Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie</b> .....                                | <b>5</b>  |
| <b>2. Das Klima verändert sich!</b> .....   | <b>8</b>  |
| 2.1. Bereits eingetretene und noch zu erwartende Klimaänderungen weltweit .....                   | 8         |
| 2.2. Bereits eingetretene und noch zu erwartende Klimaänderungen in Deutschland .....             | 9         |
| 2.3. Umgang mit Unsicherheiten.....   | 13        |
| <b>3. Was sind die Folgen? – Was kann getan werden?</b> .....                                     | <b>15</b> |
| 3.1. Allgemeine Klimafolgen, Tendenzen, Zeithorizonte .....                                       | 15        |
| 3.2. Auswirkungen auf Natur und Gesellschaft – Ableitung von Handlungsoptionen ...                | 16        |
| 3.2.1. Menschliche Gesundheit .....   | 16        |
| 3.2.2. Bauwesen .....   | 19        |
| 3.2.3. Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz .....                           | 21        |
| 3.2.4. Boden .....  | 24        |
| 3.2.5. Biologische Vielfalt.....  | 25        |
| 3.2.6. Landwirtschaft.....  | 28        |
| 3.2.7. Wald- und Forstwirtschaft.....   | 30        |
| 3.2.8. Fischerei .....  | 32        |
| 3.2.9. Energiewirtschaft (Wandel, Transport und Versorgung).....                                  | 33        |
| 3.2.10. Finanzwirtschaft .....  | 35        |
| 3.2.11. Verkehr, Verkehrsinfrastruktur .....  | 37        |
| 3.2.12. Industrie und Gewerbe .....   | 39        |
| 3.2.13. Tourismuswirtschaft.....  | 41        |
| 3.2.14. Querschnittsthemen: Raum-, Regional- und Bauleitplanung sowie<br>Bevölkerungsschutz ..... | 42        |
| 3.3. Auswirkungen auf Naturräume und Beispiele integraler Ansätze<br>auf regionaler Ebene.....    | 46        |
| 3.4. Klimaschutz und Anpassung – Synergien nutzen, Konflikte vermeiden.....                       | 49        |
| 3.5. Stand der Forschung zur Anpassung an den Klimawandel.....                                    | 50        |
| <b>4. Anpassung weltweit – der deutsche Beitrag</b> .....   | <b>54</b> |
| <b>5. Die Deutsche Anpassungsstrategie: Vorgehen und nächste Schritte</b> .....                   | <b>58</b> |
| 5.1. Der Aktionsplan Anpassung.....   | 58        |
| 5.2. Elemente des Anpassungsprozesses und nächste Schritte .....                                  | 59        |
| 5.3. Strukturen zur Unterstützung des Strategieprozesses .....                                    | 66        |
| 5.4. Meilensteine des Strategieprozesses .....  | 68        |
| 5.5. Internationale Zusammenarbeit.....   | 68        |
| <b>Glossar</b> .....  | <b>69</b> |
| <b>Anhang I: Aktuelle Länderaktivitäten in der Anpassung an den Klimawandel</b> .....             | <b>73</b> |
| <b>Anhang II: Die Organisation des Bevölkerungsschutzes in Deutschland</b> .....                  | <b>76</b> |
| <b>Anhang III: Ausgewählte Literatur</b> .....  | <b>77</b> |

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <u>Abb. 1:</u>    | Beobachtete Abweichung der globalen Jahresmitteltemperatur vom Mittel der Referenzperiode 1961-1990                              | 8  |
| <u>Abb. 2:</u>    | Globale Erwärmung an der Erdoberfläche (relativ zu 1980–1999) für die Szenarien A2, A1B und B1                                   | 8  |
| <u>Abb. 3:</u>    | Zeitreihe der Jahresdurchschnittstemperatur Deutschlands seit 1900   | 9  |
| <u>Abb. 4:</u>    | Änderung der Jahresmitteltemperatur [°C] in Deutschland im Vergleich zu 1961-1990  | 9  |
| <u>Abb. 5:</u>    | Projizierte Änderung der Jahresmitteltemperatur in den Perioden 2021-2050 und 2071-2100 für Deutschland                          | 11 |
| <u>Abb. 6:</u>    | Projizierte relative Änderung der mittleren Niederschlagsmenge im Sommer in den Perioden 2021-2050 und 2071-2100 für Deutschland | 12 |
| <u>Abb. 7:</u>    | Projizierte relative Änderung der mittleren Niederschlagsmenge im Winter in den Perioden 2021-2050 und 2071-2100 für Deutschland | 13 |
| <u>Tabelle 1:</u> | Geschätzte Anpassungskosten pro Jahr   | 54 |

## Zusammenfassung

Die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) schafft einen Rahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Deutschland. Die vorliegende Strategie stellt vorrangig den Beitrag des Bundes dar und bietet auf diese Weise eine Orientierung für andere Akteure. Sie legt den Grundstein für einen mittelfristigen Prozess, in dem schrittweise mit den Ländern und den gesellschaftlichen Gruppen die Risiken identifiziert, der mögliche Handlungsbedarf benannt, die entsprechenden Ziele definiert sowie mögliche Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden. Die Deutsche Anpassungsstrategie folgt damit einem integralen Ansatz zur Bewertung von Risiken und Handlungserfordernissen, sie unterstützt eine nachhaltige Entwicklung und reflektiert die internationale Verantwortung Deutschlands.

In fünf Kapiteln werden die Grundsätze der Strategie, der aktuelle Kenntnisstand zu den erwarteten Klimaänderungen (weltweit und für Deutschland) und den damit verbundenen möglichen Auswirkungen sowie der Umgang mit Unsicherheiten dargelegt. Darüber hinaus werden für 15 Handlungsfelder und ausgewählte Regionen mögliche Klimafolgen konkretisiert und Handlungsoptionen skizziert, der internationale Kontext und der deutsche Beitrag zur Anpassung in anderen Teilen der Welt umrissen sowie die nächsten Schritte zur Weiterentwicklung der Deutschen Anpassungsstrategie beschrieben.

Ziel der Anpassungsstrategie ist es die Verwundbarkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels zu mindern bzw. die Anpassungsfähigkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme zu erhalten oder zu steigern und mögliche Chancen zu nutzen. Um Vorsorge im privaten, wissenschaftlichen, unternehmerischen sowie behördlichen, nachhaltigen Planen und Handeln zu ermöglichen, ist es nötig:

- Die Wissensbasis zu verbessern, um Chancen und Risiken besser benennen und vermitteln sowie Handlungsmöglichkeiten aufzeigen zu können,
- Transparenz und Beteiligung durch einen breit angelegten Kommunikations- und Dialogprozess zu schaffen sowie verschiedene Akteure zu unterstützen, indem z. B. Entscheidungsgrundlagen und -hilfen bereitgestellt werden,
- Bewusstseinsbildung und Information durch breite Öffentlichkeitsarbeit zu unterstützen.
- Strategien zum Umgang mit Unsicherheiten zu entwickeln.

Es bestehen Wissenslücken und große Unsicherheiten, wie sich unser Klima zukünftig im Einzelnen verändern wird. Allerdings zeigen die aktuellen Auswertungen der regionalen Klimamodelle für Deutschland (s. Kap. 2.), dass dort, wo die verschiedenen Modelle zu ähnlichen Ergebnissen kommen, erste belastbare Aussagen über die Richtung bzw. die Spannbreite der möglichen Änderungen möglich sind. Auf dieser Grundlage kann aufgebaut werden, um die Folgen für Sektoren und Regionen abschätzen und Handlungserfordernisse ableiten zu können. Die Bundesregierung wird zukünftig bei der Abschätzung der Folgen des Klimawandels von einem Multimodellansatz ausgehen und sich nicht auf ein Szenario oder ein Modell als Referenz für Anpassungsaktivitäten festlegen.

Als zentraler nächster Schritt in der Weiterentwicklung der Strategie wird ein Aktionsplan Anpassung in Zusammenarbeit mit den Ländern und den relevanten Akteuren erarbeitet und dem Bundestag sowie dem Bundesrat bis März 2011 vorgelegt werden. Dazu wird eine Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassung (IMA Anpassungsstrategie) eingerichtet. Inhalte des Aktionsplans sollen Grundsätze und Kriterien für eine Priorisierung von Handlungserfordernissen, eine daraus abgeleitete Konkretisierung von Maßnahmen des Bundes, ein Überblick über konkrete Maßnahmen anderer Akteure, Aussagen zur Finanzierung der Anpassung sowie Vorschläge zur Erfolgskontrolle sein.

---

## 1. Ziele und Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie

Das Klima ändert sich weltweit. Und mit dem Klima ändern sich die Lebensbedingungen der Menschen – auch in Deutschland. Experten rechnen mit weit reichenden Folgen, wenn es nicht gelingt, die globale Klimaänderung zumindest in Schranken zu halten. Deshalb ist es das langfristige Ziel Deutschlands und der EU, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf 2° C über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, was eine deutliche Reduktion der Emissionen von Treibhausgasen erfordert. Auch bei einem solchen begrenzten Temperaturanstieg werden die ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Folgen des bereits begonnenen Klimawandels spürbar bleiben. Bei der Einhaltung des 2° C- Ziels wird davon ausgegangen, dass die Folgen durch geeignete und rechtzeitige Anpassungsmaßnahmen aufzufangen sind und schwere Folgen vermieden werden können. Gelingt die Begrenzung des Temperaturanstiegs nicht, ist mit erheblichen Schäden zu rechnen. Es werden weltweit deutlich größere Anpassungsanstrengungen notwendig, die dann schwieriger und zu höheren Kosten umzusetzen sein werden. Die Verminderung von Treibhausgasen in allen Ländern ist damit die zentrale Voraussetzung, um langfristig die Anpassungsnotwendigkeiten und damit die Anpassungskosten gering zu halten. Damit sind beide Wege – Maßnahmen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel – untrennbar miteinander verbunden.

Die Bundesregierung legt hiermit die im Klimaschutzprogramm 2005 angekündigte Konzeption einer Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) vor. Sie unternimmt damit auch den ersten Schritt, der Verpflichtung aus Artikel 4 der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen zu entsprechen. Darin ist festgelegt, dass die Vertragsstaaten nationale und gegebenenfalls regionale Programme erarbeiten, umsetzen und regelmäßig aktualisieren, die eine angemessene Anpassung an die Klimaänderungen erleichtern. Die vorliegende Deutsche Anpassungsstrategie fügt sich zudem in die Überlegungen zu einer europäischen Anpassungsstrategie ein, die die Europäische Kommission mit ihrem Grünbuch „Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Maßnahmen der EU“ vom Juni 2007 angestoßen hat und im Laufe des Jahres 2009 mit der Vorlage eines Weißbuchs konkretisieren will.

Langfristiges Ziel der Deutschen Anpassungsstrategie ist die Verminderung der Verletzlichkeit bzw. der Erhalt und die Steigerung der Anpassungsfähigkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme an die unvermeidbaren Auswirkungen des globalen Klimawandels.

Hierzu sind

- mögliche langfristige Klimafolgen für Deutschland und seine Regionen zu benennen und zu konkretisieren,
- Gefahren und Risiken (siehe *Glossar*) zu benennen und zu vermitteln, d. h. Eintrittswahrscheinlichkeiten und Schadenpotenziale sowie Unsicherheiten von Klimafolgen und deren zeitliche Komponente – so weit möglich – zu quantifizieren und transparent zu machen,
- Bewusstsein zu schaffen und Akteure zu sensibilisieren,
- Entscheidungsgrundlagen bereit zu stellen, die es den verschiedenen Akteuren ermöglichen Vorsorge zu treffen und die Auswirkungen des Klimawandels schrittweise in privates, unternehmerisches und behördliches Planen und Handeln einzubeziehen,
- Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen, Verantwortlichkeiten abzustimmen bzw. festzulegen; Maßnahmen zu formulieren und umzusetzen.

Die Bundesregierung versteht die Deutsche Anpassungsstrategie als mittelfristigen Prozess, in dem schrittweise der Handlungsbedarf benannt wird sowie gemeinsam mit den zuständigen Akteuren Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden. Als nächsten wichtigen Schritt wird die Bundesregierung bis zum Frühjahr 2011 einen Aktionsplan zur Anpassung an den Klimawandel vorlegen, der die Umsetzung dieser Strategie konkretisiert. Die Bundesregierung orientiert sich in ihrem Vorgehen an folgenden Grundsätzen:

- **Offenheit und Kooperation**

Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung und Aufgabe, die eine Vielzahl von Akteuren betrifft – nicht nur Regierungen und Verwaltungen. Die vorliegende Deutsche Anpassungsstrategie konzentriert sich auf die Strukturierung des Prozesses und benennt Schwerpunkte für den Beitrag des Bundes [zu den aktuellen Aktivitäten der Bundesländer s. Anhang]. Die Strategie skizziert für einige Bereiche außerdem Handlungsoptionen, die der Orientierung und als Grundlage für den Dialog mit den Bundesländern und anderen gesellschaftlichen Akteuren zur weiteren Konkretisierung von Anpassungsmaßnahmen dienen können. Die grundgesetzlichen Länderzuständigkeiten sind dabei zu berücksichtigen. Die Bundesregierung macht mit der vorliegenden Strategie Vorschläge zur Gestaltung dieses Dialogs.

- **Wissensbasierung, Flexibilität und Vorsorgeorientierung**

Die Verfügbarkeit möglichst belastbarer Abschätzungen der künftigen Veränderungen des Klimas und der damit verbundenen Folgen ist eine wesentliche Voraussetzung für angemessenes politisches und wirtschaftliches Handeln. Die in Kapitel 2 folgenden Aussagen zu den zu erwartenden Klimaänderungen stützen sich im Wesentlichen auf die Ergebnisse des 4. Sachstandsberichts des Weltklimarates (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) und, soweit sie sich auf die zu erwartenden Veränderungen in den verschiedenen Regionen Deutschlands beziehen, auf eine vergleichende Auswertung der jüngsten Ergebnisse aus den verfügbaren Regionalmodellen. Die Ergebnisse dieser Modellierungen sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Dort wo die verschiedenen Modelle aber zu ähnlichen Aussagen hinsichtlich Richtung und Intensität der erwartbaren Veränderungen kommen, ist es möglich, relativ robuste Trendaussagen zur künftigen Entwicklung von Klimaparametern zu machen. Die vorliegende Strategie enthält außerdem eine zusammenfassende Bestandsaufnahme der vorliegenden Erkenntnisse zu den möglichen Folgen dieser Veränderungen für Mensch, Umwelt und einzelne Wirtschaftsbereiche. In diese Bestandsaufnahme sind sowohl die Auswertung von vorhandenen Studien als auch die Ergebnisse einer Reihe von Fachkonferenzen und Fachgesprächen sowie einer Befragung der Fachebene in den Ländern eingeflossen. Diese Bestandsaufnahme zeigt, dass die Analyse der möglichen Auswirkungen noch verbreitert und vertieft werden muss. Sie macht aber auch deutlich, dass es wegen der (bestehenden) Risiken aus Vorsorgegründen notwendig ist, schrittweise Handlungsoptionen zur Anpassung zu erarbeiten, Maßnahmen zu entwickeln und umzusetzen. Die Strategie ist entsprechend offen und flexibel gehalten. Weiterentwickeltes Wissen, ergänzende Erkenntnisse oder neue Erfordernisse können später aufgenommen und die Strategie – wo notwendig – angepasst werden. Die Verbesserung der Wissensbasis durch qualitativ hochwertige, räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Klimadaten und auf diesen aufbauende Klimamodellierungen als Basis für die verbesserte Folgen- und Anpassungsforschung bildet daher einen wichtigen Teil der Strategie.

- **Subsidiarität und Verhältnismäßigkeit**

Risiken und Chancen des Klimawandels werden die verschiedenen Wirtschaftsbereiche und Regionen in Deutschland unterschiedlich betreffen. Erforderliche Anpassungsmaßnahmen werden daher regionale Unterschiede berücksichtigen müssen und sollten auf der jeweils geeigneten Entscheidungsebene getroffen werden. Vielfach wird dies die lokale oder regionale Ebene sein. Die Stärkung der Eigenverantwortung ist dabei ein wichtiger Leitgedanke. Die Bundesebene kann hier z. T. nur unterstützend und flankierend wirken. Anpassungsmaßnahmen sollten kosteneffizient sein, in einem vernünftigen Verhältnis zu den Risiken stehen und Chancen nutzen. Anzustreben ist die gezielte Nutzung von Synergien insbesondere mit Maßnahmen des Klimaschutzes. Vor dem Hintergrund bestehender Unsicherheiten sollte in Planungs- und Entscheidungsprozessen möglichst solchen Alternativen der Vorzug gegeben werden, die die Anpassungsfähigkeit im Allgemeinen verstärken können, zumindest aber nicht schwächen.

- **Integraler Ansatz**

Klimaänderungen und ihre Folgen betreffen alle Lebens- und Wirtschaftsbereiche sowie die Umwelt in räumlich und zeitlich differenzierter Weise. Es können sich Nutzungskonflikte (z. B. bei der Flächen- oder Gewässernutzung) verstärken. Zugleich können Anpassungsmaßnahmen in einem Bereich Rückwirkungen auf andere Bereiche haben. Um einerseits solchen Nutzungs- und Zielkonflikten vorzubeugen und andererseits Synergien mit der Verfolgung anderer Politikzielen zu fördern und zu nutzen, sind sektor- und bereichsübergreifende, integrale Ansätze anzustreben .

- **Internationale Verantwortung**

Für die Bundesregierung ist Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels auch ein zunehmend wichtiger Aspekt der internationalen und bilateralen Zusammenarbeit. In anderen Teilen der Welt werden die Auswirkungen des Klimawandels mit hoher Wahrscheinlichkeit weit gravierendere Auswirkungen auf Menschen, Umwelt sowie die wirtschaftliche und soziale Entwicklung haben als in Deutschland oder Teilen Europas. Gleichzeitig sind die Anpassungskapazitäten in vielen dieser Länder gering, namentlich in vielen Entwicklungsländern. Das Thema Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist daher neben den angestrebten Vereinbarungen über die deutliche Verminderungen der Treibhausgasemissionen ein zentraler Gegenstand der Verhandlungen im Rahmen der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen über ein künftiges internationales Klimaregime. Auch für die entwicklungs-, sicherheits- und umweltpolitische Zusammenarbeit sowie für die Migrationspolitik gewinnt das Thema zunehmend an Bedeutung. Deshalb gehört zur Deutschen Anpassungsstrategie auch eine Positionierung zum Beitrag Deutschlands.

- **Nachhaltigkeit**

Die Deutsche Anpassungsstrategie ist eingebettet in den Rahmen der Nachhaltigkeitspolitik der Bundesregierung. Die Anpassungsstrategie und die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung sollen sich inhaltlich ergänzen, zumal das Thema „Klima und Energie“ einer von vier Schwerpunkten im jüngsten Fortschrittsbericht zur Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie ist. Darüber hinaus soll die Anpassungsstrategie andere querschnittsorientierte Strategien, wie z. B. die nationale Strategie zur biologischen Vielfalt, die Sektorstrategie Agrobiodiversität oder die Vorschläge der IMA „Ländliche Räume“ ergänzen und unterstützen, in dem sie Elemente dieser Strategien aufgreift, die sich auf eine Anpassungsfähigkeit und Verringerung der klimainduzierten Risiken konzentrieren.

## 2. Das Klima verändert sich!

### 2.1. Bereits eingetretene und noch zu erwartende Klimaänderungen weltweit

Beobachtungsdaten der vergangenen 100 Jahre zeigen deutlich, dass sich das Klima weltweit erwärmt hat. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts ist die globale Jahresmitteltemperatur um  $0,74^{\circ}\text{C}$  angestiegen (Abb.1, gelbe Linie). Dabei stieg die globale Mitteltemperatur über die letzten 50 Jahre im Mittel um  $0,13^{\circ}\text{C}$  pro Jahrzehnt (Abb. 1, rote Linie). Der überwiegende Teil dieser seit 1950 beobachteten Erwärmung geht nach Aussagen des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) mit „sehr hoher Wahrscheinlichkeit“ (d.h. mit einer Wahrscheinlichkeit von über 90 %) auf menschliche Aktivitäten zurück. Ferner stellt IPCC 2007 im 4. Sachstandsbericht<sup>1</sup> fest, dass die mittleren Temperaturen in der Nordhemisphäre in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts *sehr wahrscheinlich* höher waren als während jedes anderen 50-Jahr-Abschnitts in den letzten 500 Jahren und *wahrscheinlich* die höchsten in zumindest den letzten 1300 Jahren<sup>2</sup>.

Gebirgsgletscher und Schneebedeckung nehmen sowohl auf der Nordhalbkugel als auch auf der Südhalbkugel deutlich ab. Ein anderes Beispiel ist der Meeresspiegel. Er stieg im 20. Jahrhundert weltweit um durchschnittlich etwa 17 cm (12 bis 22 cm). Ursachen dafür sind die durch die Erwärmung bedingte Ausdehnung des Meeres sowie die schmelzenden Gletscher, Eiskappen und Eisschilde des Festlandes.

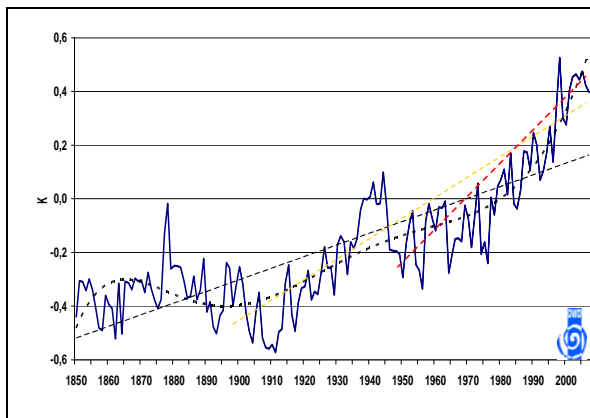


Abb. 1: Beobachtete Abweichung der globalen Jahresmitteltemperatur vom Mittel der Referenzperiode 1961-1990 mit linearen Trends der Perioden seit 1850 (dünn gestrichelte schwarze Linie), 1900 (gelbe Linie) und 1950 (rote Linie) sowie polynomischer Anpassung der Zeitreihe (breit gestrichelte schwarze Linie) [Datenquelle: [www.metoffice.gov.uk/hadobs](http://www.metoffice.gov.uk/hadobs) sowie DWD]. (Dargestellter Zeitraum 1850 - 2005)

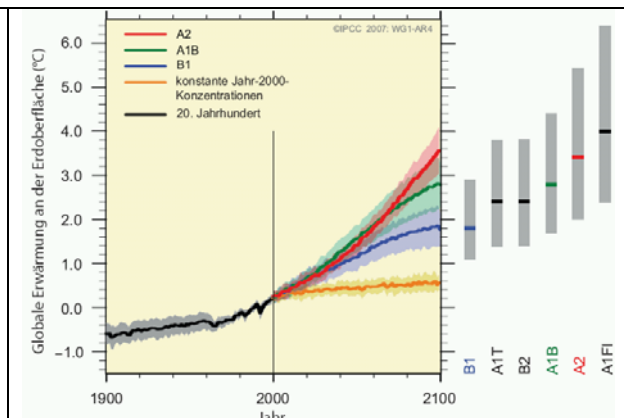


Abb. 2: Globale Erwärmung an der Erdoberfläche (relativ zu 1980–1999) für die Szenarien A2, A1B und B1. Die Schattierung kennzeichnet die Bandbreite der einzelnen Modellergebnisse. Orange Linie: die Konzentrationen von Treibhausgasen und Sulfat-Aerosolen wurden auf Jahr-2000-Werten gehalten. Graue Balken: beste Schätzung (Linie im Balken) und wahrscheinliche Bandbreite. [IPCC 2007]. (Zeitraum 1900 - 2100)

Wie stark sich die globale Durchschnittstemperatur künftig ändern könnte, wenn sich das derzeitige weltweite Emissionsverhalten nicht deutlich ändert und die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre weiter steigt, zeigt Abbildung 2. Diese Abbildung basiert auf einer großen Zahl von Modellsimulationen („Klimaszenarien“) und einer breiten Auswahl an Klimamodellen. Danach könnte in Abhängigkeit von den gewählten Annahmen die globale Erwärmung bis zum Ende des Jahrhunderts zwischen  $1,8$  und  $4,0^{\circ}\text{C}$  (Unsicherheit zwischen  $1,1$  und  $6,4^{\circ}\text{C}$ ) betragen. Auch die

<sup>1</sup> Basis der Schlussfolgerungen des 4. Sachstandsberichts sind Studien und Messungen bis einschließlich 2005

<sup>2</sup> IPCC (2007): SPM WG I, S.10 (dt. Fassung)



Stärke und die Verteilung der Niederschläge könnten sich im Zuge des Klimawandels ändern: In höheren Breiten werden die Niederschläge sehr wahrscheinlich weiter zunehmen, während sie über den meisten subtropischen Landregionen wahrscheinlich abnehmen. Beides entspricht den bereits heute beobachteten Niederschlagsmustern.

Die weltweit größte Erwärmung erwarten Fachleute über dem Festland und in den Polarregionen. Das arktische Meereis wird dadurch weiter zurückgehen – in einigen Modellen verschwindet es für die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts im Sommer sogar fast vollständig. In den unterschiedlichen vom IPCC untersuchten Szenarien steigt der Meeresspiegel zum Ende des 21. Jahrhunderts im globalen Mittel um 18 bis 38 cm (B 1) bzw. sogar 26 bis 59 cm (A1FI) an.

Die Klimamodelle lassen außerdem vermehrt Extremwetterereignisse wie Hitzewellen und lokale Starkniederschläge erwarten. Tropische Wirbelstürme werden laut IPCC mit einer Wahrscheinlichkeit von 66 % intensiver und künftig mit noch höheren Spitzenwindgeschwindigkeiten und Starkniederschlägen über Meere, Küsten und das Festland ziehen.

## 2.2. *Bereits eingetretene und noch zu erwartende Klimaänderungen in Deutschland*

Im Laufe des 19. Jahrhunderts nahm in Regionen Mitteleuropas die Durchschnittstemperatur um bis zu 0,9 °C ab. Eine relativ warme Phase zu Beginn des 19. Jahrhunderts, etwa um 1810, wurde nur in Teilen Mitteleuropas beobachtet (z. B. am Hohenpeißenberg oder in Wien und Innsbruck). Die niedrigsten Jahresmittel der Lufttemperatur wurden in Mitteleuropa in der Dekade von 1880-1890 beobachtet. Beim mittleren Niederschlag sind dagegen keine wesentlich anderen Bedingungen als im 20. Jahrhundert festzustellen. Alpine Gletscher dehnten sich im 19. Jahrhundert bis ca. 1850 aus; seitdem ziehen sie sich zurück.

Zwischen 1901 und 2006 ist die mittlere Lufttemperatur in Deutschland um knapp 0,9° C gestiegen („linearer Trend, Abb. 3). Das Jahrzehnt 1990-1999 war sogar die wärmste Dekade des gesamten 20. Jahrhunderts. Auch in den ersten sechs Jahren des 21. Jahrhunderts war es erheblich wärmer als im Mittel der aktuellen Klimanormalperiode 1961-1990 („vieljähriges Mittel“). Dabei ist der beobachtete Temperaturanstieg seit 1901 im Südwesten Deutschlands besonders hoch. So stieg die durchschnittliche Jahrestemperatur im Saarland um etwa 1,2° C. Im Nordosten dagegen nahmen die Temperaturen seit 1901 deutlich weniger stark zu, in Mecklenburg-Vorpommern beispielsweise nur um 0,4° C.

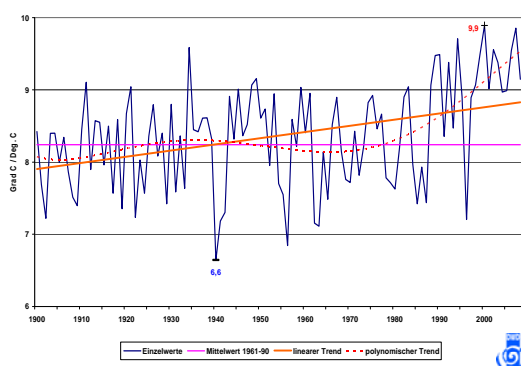


Abb. 3: Zeitreihe der Jahresdurchschnittstemperatur Deutschlands mit linearem Trend und polynomischer Anpassung zur Darstellung des langfristigen Verlaufs von 1900 - 2006 (DWD, 2007 ([www.dwd.de/presse](http://www.dwd.de/presse))).

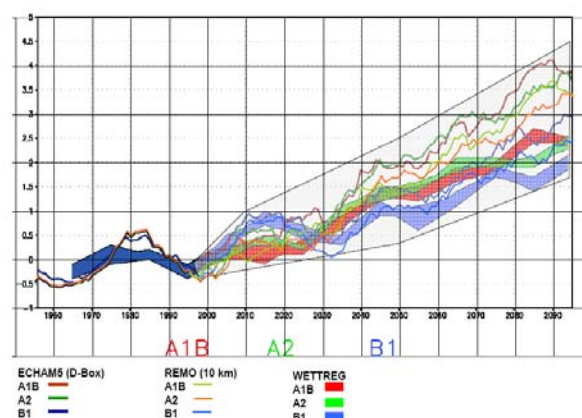


Abb. 4: Änderung der Jahresmitteltemperatur [°C] in Deutschland im Vergleich zu 1961-1990 für die Szenarien A2, A1B und B1 [MPI-M, CEC 2007]. (Dargestellter Zeitraum 1950 - 2090)

Auch beim Niederschlag lassen sich in Deutschland Veränderungen beobachten. Gegenüber dem Beginn des 20. Jahrhunderts ist das Gebietsmittel der jährlichen Niederschlagsmenge in Deutschland um etwa neun Prozent angestiegen, wobei die beiden ersten Dekaden des 20. Jahrhunderts vergleichsweise trocken waren. Zudem fiel in 11 der vergangenen 15 Jahre überdurchschnittlich viel Niederschlag. Die Menge des Niederschlags hat im Frühjahr deutlich zugenommen. Insbesondere für den Monat März errechnet sich für den 106-jährigen Zeitraum 1901-2006 gegenüber dem entsprechenden Monatsmittel der Klimanormalperiode 1961-1990 eine mittlere Zunahme des Niederschlags um 31 Prozent. Im Sommer ergibt sich insgesamt kein wesentlicher Trend. Allerdings hat sich die Verteilung der Niederschlagsmengen innerhalb der Sommermonate geändert: geringere Niederschlagsmengen im Juli und August werden durch stärkere Niederschläge im Juni weitgehend ausgeglichen. Für die o. a. Bezugszeiten nahmen die Winterniederschläge dagegen generell um etwa 20 % zu. Trotz dieser Beobachtung ist der winterliche Trend statistisch aber noch nicht signifikant, denn die Menge der Niederschläge variiert von Jahr zu Jahr sehr stark. Bei den Niederschlagstrends gibt es auch große Unterschiede innerhalb Deutschlands. So ist die Zunahme im Jahreszeitraum weitgehend auf Westdeutschland beschränkt, während in den östlichen Bundesländern die Zunahmen im Winterhalbjahr durch Abnahmen im Sommer großenteils wettgemacht werden.

Für die Windgeschwindigkeit ist bislang ebenfalls noch kein signifikanter Trend festzustellen. Lange Reihen der mittleren Windgeschwindigkeit zeigen einige periodische Schwankungen, noch aber kann man nicht von einem Trend sprechen.

Die räumliche Auflösung der globalen Klimamodelle ist mit einer horizontalen Gitterweite zwischen 120 km bis über 200 km derzeit noch zu grob, um für Deutschland regional differenzierte Aussagen treffen zu können. Daher werden Regionalisierungsverfahren eingesetzt, bei denen sowohl statistische als auch dynamische regionale Klimamodelle (auch „Regionalmodelle“ genannt) sowie jeweils die Informationen aus den Berechnungen der Globalmodelle zur Anwendung kommen. Die statistischen Regionalmodelle projizieren dabei die meteorologischen Zeitreihen von ausgewählten Klimastationen Deutschlands anhand statistischer Verfahren in die Zukunft, während die dynamischen Regionalmodelle die globalen Klimaprojektionen anhand physikalisch-numerischer Verfahren auf ein feineres räumliches Gitter von derzeit bis zu 10 km horizontaler Auflösung auf Mitteleuropa regionalisieren.

In Abb. 4 ist für das Gebiet der Bundesrepublik die zu erwartende zeitliche Änderung der Jahresmitteltemperatur für 3 unterschiedliche Klimamodelle (global und regional) und 3 Emissionsszenarien dargestellt: Die jeweiligen Ergebnisse zeigen, dass sich je nach Entwicklung der anthropogenen Emissionen treibhausrelevanter Gase die durchschnittliche Jahrestemperatur für den Zeitraum 2021-2050 um 0,5 bis 1,5° C und für den Zeitraum 2071-2100 um 1,5 bis 3,5° C gegenüber dem Wert der aktuell gültigen Klimanormalperiode 1961-1990 erhöhen könnte. Räumlich differenzierte Aussagen zum möglichen künftigen Klima lassen sich mit Hilfe von regionalen Klimamodellen (→ *Glossar*) ableiten (s.o.).

So zeigen die Ergebnisse der vier bisher für Deutschland vorliegenden regionalen Klimamodelle REMO, CLM, WETTREG und STAR<sup>3</sup> deutliche Trends: Neben der Abhängigkeit von der Wahl des vorzugebenden Emissionsszenarios (s. Abb. 4) variieren die Resultate u. a. auch aufgrund der Wahl des regionalen Klimamodells. Betrachtet man die räumliche Verteilung der Erwärmung beispielhaft für ein mittleres Emissionsszenario (Abb. 5), so stimmen die dynamischen Klimamodelle REMO und CLM sowie das statistische Modell STAR hinsichtlich der Struktur einer sich nach Süden verstärkenden Erwärmung weitgehend überein. Das statistische Modell STAR regionalisiert dabei anhand der Vorgabe des Temperaturtrends des globalen Klimamodells: Für den Zeitraum 2021-2050 ergibt sich dadurch eine Erwärmung um 2° C. Demgegenüber weisen die dynamischen Klimamodelle mit Erwärmungen um 1° C für diesen Zeitraum nur etwa halb so hohe

<sup>3</sup> auf der Basis des antreibenden Globalmodells ECHAM5

Werte aus. Das statistische Modell WETTREG zeigt für den Zeitraum 2021-2050 eine sich eher von Osten nach Westen verstärkende Erwärmung mit Werten um 0,5° C auf. Dieses Modell projiziert auch für den Zeitraum 2071-2100 mit Werten um 2° C die vergleichsweise geringste Erwärmung, während die dynamischen Klimamodelle REMO und CLM für diesen Zeitraum Erwärmungen um bis zu 3,5° C – in den deutschen Alpenregionen auch leicht darüber – erwarten lassen. In der von der Erwärmung am stärksten betroffenen Jahreszeit sind sich hingegen alle Modelle einig: Die Erwärmung wird besonders in den Wintermonaten zu spüren sein.

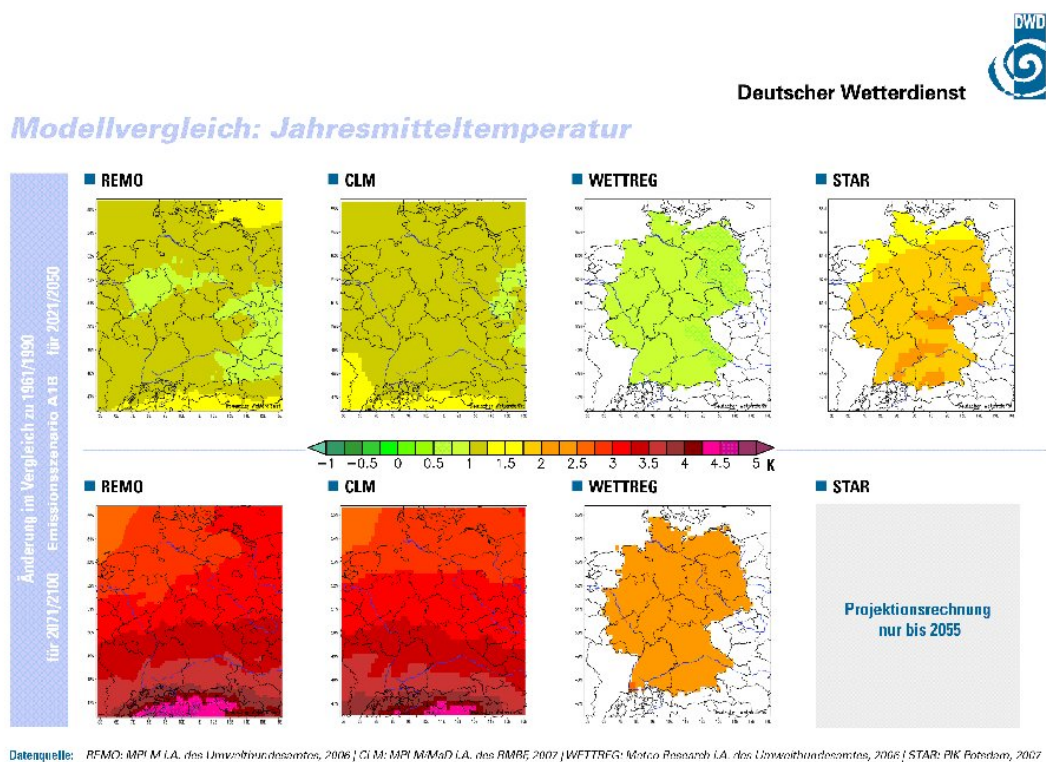


Abb. 5: Von den regionalen Klimamodellen REMO, CLM, WETTREG und STAR für das A1B-Emissionsszenario projizierte Änderung der Jahresmitteltemperatur in den Perioden 2021-2050 (oben) und 2071-2100 (unten) im Vergleich zum modellspezifischen Kontrollzeitraum 1961-1990.

Besonders sichtbar wird der Klimawandel bei den Niederschlagsmengen. Zwar bleiben sie auf das Jahr gerechnet annähernd konstant, doch muss damit gerechnet werden, dass sich der Niederschlagszyklus auch in Deutschland verschiebt (Abb. 6 und 7). So lassen die Ergebnisse aller vier Modelle schließen, dass die Niederschläge im Sommer bundesweit um bis zu 40 % abnehmen könnten, wobei der Südwesten Deutschlands erneut besonders stark betroffen sein könnte (Abb. 6). Im Winter dagegen könnten die Niederschlagsmengen abhängig vom Modell um 0 % bis 40 % zunehmen (Abb. 7). Das statistische WETTREG-Verfahren zeigt in den Mittelgebirgsregionen der Bundesländer Rheinland-Pfalz, Hessen sowie den nordöstlichen Landesteilen Bayerns sogar Gebiete, in denen die Winterniederschläge für den Zeitraum 2071-2100 um bis zu 70 % gegenüber dem Kontrollzeitraum 1961-1990 ansteigen könnten. Die dynamischen Klimamodelle CLM und REMO deuten zudem auf einen zusätzlichen Anstieg der Niederschlagsmengen im Frühjahr hin, der aber geringer ausfällt als in den Wintermonaten.

Aus den Vergleichsstudien von WETTREG und REMO<sup>4</sup> ergibt sich, dass sich Extremereignisse künftig im Ausmaß steigern und häufiger werden könnten. Beispielsweise könnten sich die Anzahl von Sommertagen ( $T > 25^{\circ}\text{C}$ ) bis zum Ende des Jahrhunderts verdoppeln, die Anzahl von heißen Tagen ( $T > 30^{\circ}\text{C}$ ) sogar verdreifachen. Erste Analysen lassen erwarten, dass auch die Intensität von Starkniederschlägen ansteigen kann. Auf der Basis dieser ersten Betrachtungen lassen sich, was die Häufigkeiten von Sturmtagen betrifft, keine Unterschiede zu heutigen Verhältnissen feststellen. Hier sind jedoch noch detaillierte Untersuchungen erforderlich.

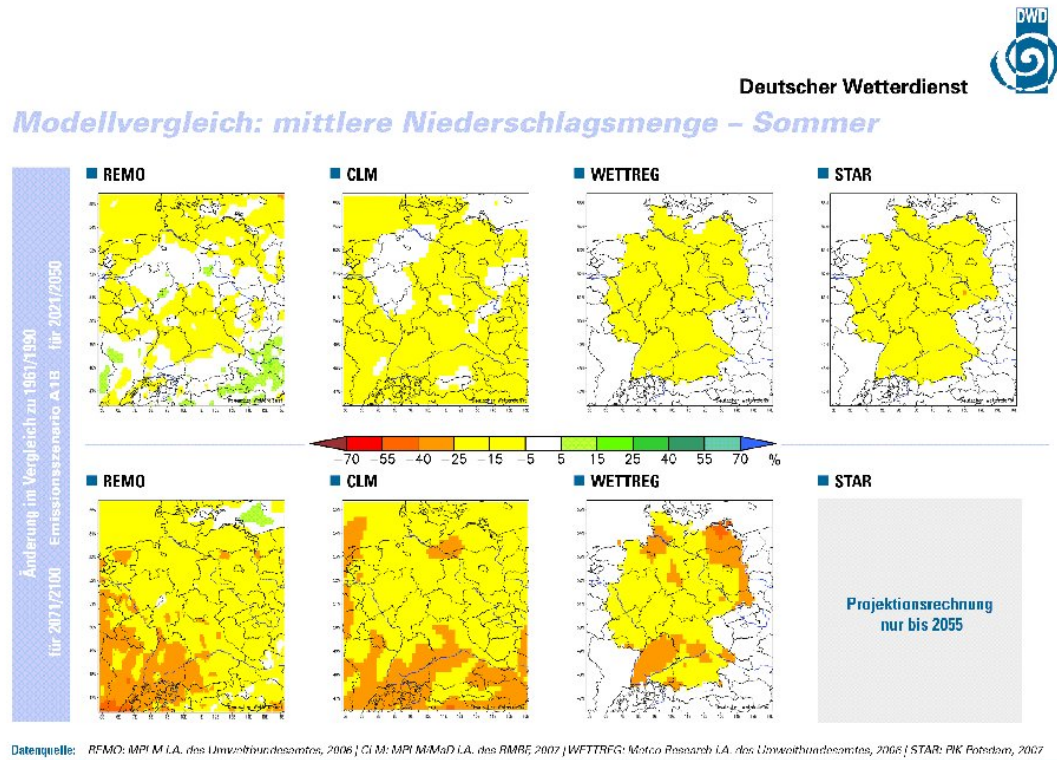


Abb. 6: Von den regionalen Klimamodellen REMO, CLM, WETTREG und STAR für das A1B-Emissionsszenario projizierte relative Änderung der mittleren Niederschlagsmenge im Sommer (JJA) in den Perioden 2021-2050 (oben) und 2071-2100 (unten) im Vergleich zum modellspezifischen Kontrollzeitraum 1961-1990.

<sup>4</sup> siehe Abschlussberichte unter <http://www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/index.htm>

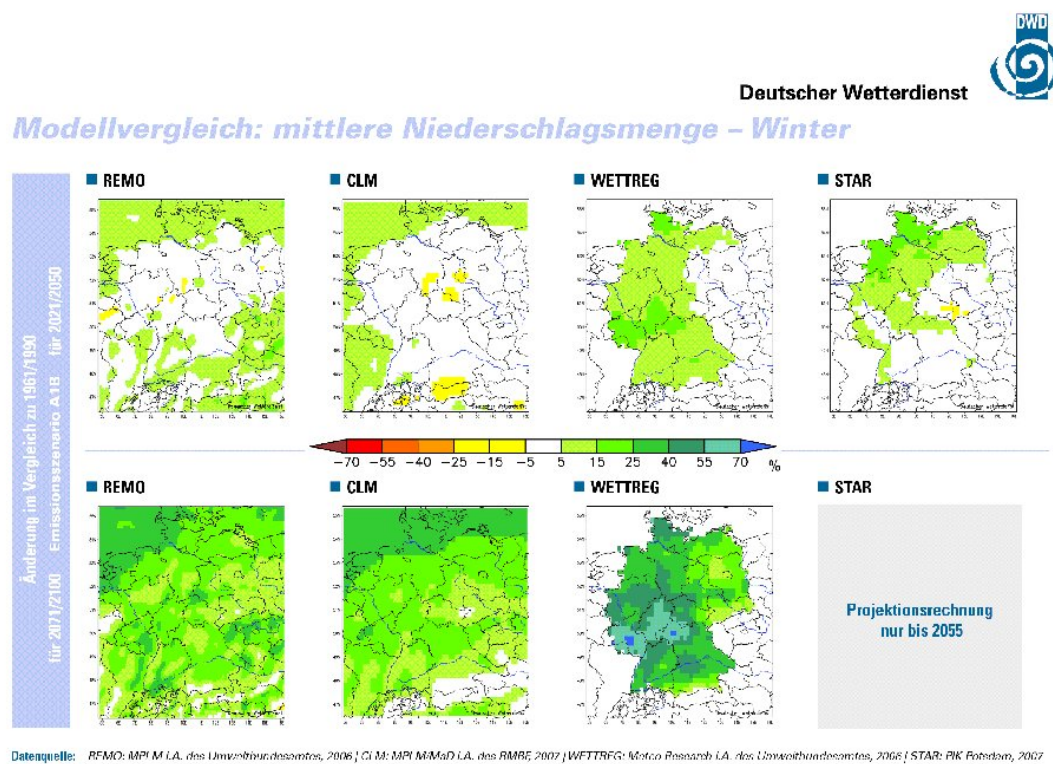


Abb. 7: Von den regionalen Klimamodellen REMO, CLM, WETTREG und STAR für das A1B-Emissionsszenario projizierte relative Änderung der mittleren Niederschlagsmenge im Winter (DJF) in den Perioden 2021-2050 (oben) und 2071-2100 (unten) im Vergleich zum modellspezifischen Kontrollzeitraum 1961-1990.

### 2.3. Umgang mit Unsicherheiten

Bei den Modellrechnungen zum globalen Klima wie auch zum Regionalklima und seinen Folgen entstehen an mehreren Stellen Unsicherheiten, die sich im Resultat gegenseitig ausgleichen, aber auch aufaddieren können. So ist beispielsweise die weltweite Emissionsentwicklung von Treibhausgasen und Aerosolen nicht mit Sicherheit vorhersagbar. Die Höhe der Emissionen ist von zahlreichen Faktoren abhängig, insbesondere von der Entwicklung des Bevölkerungswachstums sowie künftigen Änderungen der Landnutzung, von der Höhe des künftigen Wirtschaftswachstums, von der Entwicklung der Energiepreise und der Entwicklung und Anwendung emissionsarmer Technologien. Auch die Klimawirksamkeit der verschiedenen Treibhausgasemissionen und die komplizierten Rückkopplungseffekte in der Atmosphäre lassen sich derzeit nicht sicher bestimmen.

Um mit diesen Unsicherheiten umzugehen und dabei dennoch handlungsfähig zu bleiben, werden Emissionsszenarien vereinbart, deren zentrale Rahmendaten zuvor durch das IPCC definiert wurden. Weil aber noch längst nicht alle klimatischen Vorgänge komplett verstanden sind, können die Modelle immer nur Annäherungen an die Wirklichkeit sein und niemals sämtliche Faktoren des Systems „Klima“ abbilden.

Tendenziell werden die Ergebnisse unsicherer, je weiter bei den Projektionen der Blick in die Zukunft geht und je kleiner die betrachteten Regionen sind. Um die Spanne zu beschreiben, die sich aus den beschriebenen Unsicherheiten ergibt, nutzt die Klimaforschung unterschiedliche globale und regionale Modelle, bei denen zusätzlich die Randbedingungen variieren (Ensembles). An-

schließlich werden die Modellierungsergebnisse übereinander gelegt. Je größer das vorhandene Ensemble von Modellprojektionen ist (Multi-Model-Ensembles), umso besser lassen sich Unsicherheit und Variabilität der Modellergebnisse bewerten. Die Ergebnisse eines einzigen Modells reichen dazu nicht aus.

Für Deutschland liegen im wesentlichen Ergebnisse aus vier verschiedenen regionalen Klimamodellen (siehe Kap. 2.2.) und drei verschiedenen Emissionsszenarien (A1B, A2, B1) vor. Dieses Ensemble lässt auf mögliche Klimafolgen schließen, denn es berücksichtigt plausible Spannbreiten in den Bereichen, in denen Unsicherheiten bestehen. Es ist vorgesehen, die Ensemblebetrachtung u. a. durch Verwendung weiterer Globalmodelle als Antrieb der Regionalmodelle zu erweitern.

Bei künftigen Planungen, bei denen der Bund zu erwartende Chancen und Risiken des Klimawandels bewerten muss, wird er diese Bewertungen nicht auf einzelne Szenarien oder Modelle abstützen, sondern Spannbreiten und Unsicherheiten künftiger klimatischer Entwicklungen berücksichtigen, die sich aus verschiedenen verfügbaren Emissionsszenarien und Klimamodellen ableiten lassen.

Die im Folgenden aufgeführten Klimafolgen sind aus den oben angegebenen Modellergebnissen abgeleitet. Sie sind plausibel, solange die reale Klimaentwicklung auch über lange Zeiträume hinweg den Tendenzen der Projektionen folgt.

Ein wichtiger Aspekt für alle in den folgenden Kapiteln aufgeführten Sektoren und Bereiche ist daher die Einbeziehung von Wahrscheinlichkeitseinschätzungen in Planungsgrundlagen und das Treffen von Entscheidungen unter Unsicherheit. In vielen Fachplanungen und Bereichen können Ergänzungen und Anpassungen aufgrund des Klimawandels erforderlich werden: für die bisherigen Managementansätze war die Betrachtung von Datenreihen und Extremereignissen der Vergangenheit entscheidend und ausreichend, nun wird die Einbeziehung von zukünftig wahrscheinlichen bzw. möglichen Ereignissen (insbesondere von Extremen) dringend erforderlich. Die Definition von Risikozuschlägen oder ein verstärktes Arbeiten mit Wahrscheinlichkeiten sind mögliche Ansätze.

### **Prinzipien für Entscheidungen unter Unsicherheit**

(Beispiele aus der Wasserwirtschaft)

#### **Bevorzugung flexibler und nachsteuerbarer Maßnahmen**

Bei der Auswahl geeigneter Anpassungsmaßnahmen sollten Maßnahmen, die eine flexible Nachsteuerung ermöglichen und bestehende Unsicherheiten berücksichtigen, bevorzugt werden. Beispiel: die konsequente Ergänzung des technischen Hochwasserschutzes mit Maßnahmen der Hochwasservorsorge, z. B. durch Flächenfreihaltung oder Regenwasserversickerung und der Hochwasserwarnsysteme.

#### **Förderung von Maßnahmen mit Synergieeffekten für verschiedene Klimafolgen**

Es sind solche Maßnahmen zu fördern, die zum Beispiel eine abmildernde Wirkung auf Extremereignisse – und zwar sowohl auf den Verlauf von Hochwasserereignissen als auch auf Niedrigwassersituationen – haben. Dies können Maßnahmen zur Verbesserung der Hydromorphologie, z. B. Anbinden von Altarmen, aber auch Deichrückverlegungen sein.

Ein weiteres Beispiel für Synergien ist die Erhöhung des Wasserrückhalts in der Fläche. Er fördert einerseits die Grundwasserneubildung und trägt andererseits dazu bei, den Oberflächenabfluss bei Hochwasserabflüssen zu verringern.

### 3. Was sind die Folgen? – Was kann getan werden?

#### 3.1. Allgemeine Klimafolgen, Tendenzen, Zeithorizonte

In den vergangenen drei Jahrzehnten haben Klimaänderungen stattgefunden, die Natur und Umwelt beeinflusst haben. Tauende Gletscher oder ein früherer Frühlingsbeginn sind Anzeichen hierfür.

Die Temperatur- und Niederschlagsprojektionen (Kap. 2) für die Zukunft lassen weitere Klimafolgen erwarten. Diese werden sich umso heftiger ausprägen, je stärker der globale Klimawandel ausfällt. Klimafolgen lassen sich wie folgt unterteilen:

- Folgen, die durch kontinuierliche Veränderungen hervorgerufen werden (z. B. jahreszeitlich verlagerte Vegetationsperioden, früherer Brutbeginn von Vogelarten in einer Region, langfristige Veränderungen der Grundwasserneubildung oder geringerer Heizaufwand im Winter). Die Folgen werden für die meisten Handlungsbereiche vornehmlich mittelfristig spürbar werden.
- Folgen, die durch ein häufigeres und / oder verstärktes Auftreten von extremen Ereignissen bestimmt werden, wie Starkregen, Stürme und Sturmfluten, Hitze- oder lange Trockenperioden. Hierzu gehören auch Waldbrände, Hoch- und Niedrigwasser und Hitzestress.
- Folgen zunehmender Klimavariabilität (s. *Glossar*). Schwankungen des Klimas könnten auch bereits kurzfristig Bedeutung erlangen z. B. könnten Dürren in kurzer zeitlicher Folge auftreten und die Bewältigungskapazität der Land- und Forstwirtschaft überfordern. Dadurch würde die Anpassungsaufgabe noch komplexer.

Der Klimawandel wirkt sich sowohl auf die Natur auch auf Wirtschaft und Gesellschaft aus. Regionale Unterschiede in der Ausstattung und Nutzung natürlicher Ressourcen – wie z. B. bei der Wasserverfügbarkeit – aber auch Einflüsse auf die Umwelt, wie beispielsweise der Verlust oder die Zerschneidung von Lebensräumen oder aber die Renaturierung von Flächen, können regional und lokal die Anpassungsfähigkeit und damit das Ausmaß der Auswirkungen des Klimawandels beeinflussen.

Regionale Unterschiede können sich auch hinsichtlich der positiven oder negativen Folgen ergeben. So können z. B. in der Land- und Forstwirtschaft einerseits anhaltende Trockenperioden die Ernten bedrohen, andererseits aufgrund neuer klimatischer Grundbedingungen neue Sorten genutzt werden. Bestimmte Bereiche, wie z. B. die Tourismusbranche, erwarten für die deutschen Küstengebiete Vorteile durch im Mittel höhere Temperaturen.

Viele der langsamen Veränderungen lassen sich nicht monokausal auf Klimafolgen zurückführen, da sie z. B. ebenso durch das Bevölkerungswachstum, die Änderung der Siedlungsformen, die Art der Nutzung der natürlichen Umwelt oder allgemein den wirtschaftlichen oder gesellschaftlichen Wandel beeinflusst werden.

Eine Strategie zur Anpassung an den Klimawandel muss in Anerkennung der engen Zusammenhänge zu anderen Entwicklungen sowie möglichen Wechselwirkungen eng mit den politischen Initiativen zur Gestaltung dieser Veränderungsprozesse verzahnt und an den Zielen der Nachhaltigkeit orientiert werden.

### **3.2. Auswirkungen auf Natur und Gesellschaft – Ableitung von Handlungsoptionen**

In den folgenden Unterkapiteln werden die möglichen Folgen des künftigen Klimawandels für 15 Sektoren und Bereiche meist qualitativ beschrieben und Handlungsoptionen in noch unterschiedlicher Detailtiefe benannt. Für einige Bereiche sind die möglichen Auswirkungen des Klimawandels und etwaige Anpassungsoptionen noch vertiefter zu untersuchen.

Alle Bereiche sind dabei auf ein Set von Informationen und Daten angewiesen, auf deren Grundlage kritische Veränderungen erkannt werden können und Entscheidungen über zukünftiges Handeln getroffen werden sollten (s. Kap. 5.2.). Zusätzlich zur Bereitstellung von Ergebnissen der Klimaforschung und der Klima(folgen)modellierungen bilden daher der Einsatz und die verbesserte Nutzung von Monitoringsystemen und der Aufbau von Wissensnetzwerken für alle Bereiche eine wichtige Grundlage. Ein dauerhaft angelegtes Klimafolgen-Monitoring, das im besten Fall die relevanten Umweltmedien gemeinsam erfasst, ist ein wichtiger Beitrag um Veränderungen infolge des Klimawandels mit konkreten Daten zu dokumentieren und nachzuweisen. Auch kann ein solches Monitoring der Erfolgskontrolle von Anpassungsmaßnahmen dienen (Kap. 5.2.).

#### **3.2.1. Menschliche Gesundheit**

Der Klimawandel hat vielfältige Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Witterungs- und Klimaveränderungen führen dazu, dass Infektionskrankheiten sowie nicht-übertragbare Krankheiten (wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen und allergische Erkrankungen) oder Verletzungen durch Extremwetterereignisse zunehmen könnten.

##### **Übertragbare Krankheiten**

Die Ausbreitung von Krankheitserregern, die in Deutschland heimisch sind (zum Beispiel Hantaviren sowie Borrelien und FSME-Viren, die durch Zecken übertragen werden), wird durch ein milderes Klima begünstigt. Andererseits können Erreger, die bisher nicht in Deutschland heimisch waren und eher zufällig durch Menschen oder Tiere eingeschleppt werden, sich durch veränderte Klimabedingungen zukünftig auch in Deutschland ansiedeln und übertragen werden. Treffen infizierte Menschen oder Tiere auf potente Überträger (z. B. bestimmte Mücken oder Zecken), kann dies zu einer Verbreitung führen. Möglich wäre etwa die Etablierung der „Asiatischen Tigermücke“, *Aedes (Stegomyia) albopictus* in Deutschland, die Dengue- oder Chikungunya-Viren übertragen kann. Diese viralen Infektionen zeichnen sich durch einen heftigen Krankheitsverlauf mit hohem Fieber aus. Für die bisher in Deutschland nicht heimische Infektionskrankheit Leishmaniose sind in den letzten Jahren hierzulande bereits Krankheitserreger, Überträger (Sandmücken) und autochthone Krankheitsfälle nachgewiesen worden.

Ansteigende Temperaturen wirken sich auch auf die Sicherheit beziehungsweise Haltbarkeit von Lebensmitteln aus. Infektionen durch Salmonellen, Campylobacter und andere Erreger aus verdorbenen Lebensmitteln zählen bereits jetzt zu den häufigsten Infektionskrankheiten. Bei fortschreitender Erwärmung ist zu befürchten, dass die Zahl solcher Magen-Darm-Erkrankungen ansteigt.

Die Überwachung von Infektionskrankheiten schließt gemäß Infektionsschutzgesetz (IfSG) auch die Überwachung einer Reihe von Erregern ein, deren Auftreten durch Klimaänderungen beeinflusst werden kann. Jedoch ist die Liste nicht erschöpfend. Erreger beziehungsweise Infektionskrankheiten, die laut IfSG nicht meldepflichtig aber klima-sensitiv sind, könnten in Zukunft an Bedeutung gewinnen.



Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, ist ein interdisziplinärer Ansatz mit Beteiligung aller relevanten Ressorts, Fachbehörden und Forschungsinstitutionen notwendig. Bund und Länder sollten zusätzliche Daten gewinnen und analysieren, um epidemiologische Entwicklungen in Deutschland rechtzeitig zu erkennen, ihre Ursachen und Zusammenhänge zu verstehen, Risiken besser abschätzen zu können und Präventions- und Interventionsstrategien zu entwickeln. Dazu wäre es vor allem nötig:

- epidemiologische Studien zur Vektorwanderung, zur Einschleppung tropischer Krankheiten und zur Auswirkung auf einheimische Infektionserreger.
- grundlegende Forschungsarbeiten zu biologischen Bekämpfungsmöglichkeiten von Vektoren.
- grundlegende Forschungsarbeiten zur Charakterisierung einer möglicherweise veränderten Pathogenität bzw. eines veränderten Lebenszyklus von Infektionserregern und deren Vektoren und Reservoirs sowie zu geeigneten Behandlungsstrategien und zur Impfstoffentwicklung.
- Das bestehende Überwachungssystem darauf hin zu überprüfen, ob klimasensitive einheimische oder importierte Erreger sowie ihre tierischen Überträger oder Reservoirs adäquat erfasst werden.
- Geeignete Strategien für die Früherkennung von Verdachts- und Erkrankungsfällen durch neu in Deutschland auftretende Infektionserreger zu entwickeln.
- Populationen (Mensch, Tier, Vektoren) hinsichtlich der Zahl der Neuerkrankungen und Krankheitsfälle bestimmter klima-sensitiver Infektionen systematisch zu untersuchen und sie zu modellieren.
- die Prävention von Infektionen durch klima-sensitive Erreger zu fördern.
- Im internationalen Verbund weltweit Erreger von Risiko-Infektionen zu identifizieren und zu charakterisieren.
- Laborverfahren für den Nachweis klima-sensitiver Erreger zu entwickeln und zu verbessern, um die Diagnostik infizierter Personen und kontaminierter Blutprodukte und Organe sicherstellen zu können.
- Die Gefahren der Übertragung, Ansiedlung und Verbreitung von Risiko-Erregern in Deutschland experimentell zu untersuchen.
- Neue Therapeutika, Impfstoffe und Impfstoffverfahren zu entwickeln.
- Veränderungen und Trends Lebensmittel übertragener Infektionen zu analysieren.

### **Nichtübertragbare Krankheiten und Gesundheitsfolgen**

Gesundheitliche Folgen von Extremereignissen, wie Starkniederschlägen, Hochwasser, Stürmen, Lawinenabgängen oder Erdbeben, sind in erster Linie Verletzungen mit zum Teil tödlichem Ausgang. Ein drastisches Beispiel für ein Extremereignis ist der Hitzesommer 2003: Allein in Deutschland starben rund 7.000 Menschen an Herzinfarkt, Herz-Kreislaufkrankungen und Nierenversagen sowie Atemwegsproblemen und Stoffwechselstörungen. Weithin haben diese Extremereignisse in den betroffenen Gebieten Auswirkungen auf die somatische und psychosomatische Gesundheit.

An der Ostseeküste und in Binnenseen kann eine Anreicherung mit Nährstoffen gepaart mit milden Temperaturen zu vermehrten Blaualgenblüten (Cyanobakterien) führen. Da bestimmte Blaualgen zahlreiche Giftstoffe produzieren, sinkt die Qualität betroffener Gewässer insbesondere für die Nutzung als Badegewässer deutlich. Der Kontakt mit dem verunreinigten Wasser kann zu Haut-, Magen- und Darmirritationen sowie Leber- und anderen schweren Gesundheitsschäden führen.

Eine Zunahme von allergischen Reaktionen steht im Zusammenhang mit länger und zeitlich verschoben auftretenden Luftallergenen.

Mit Blick auf steigende allergische Erkrankungen startete das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) 2007 einen Aktionsplan gegen Allergien, mit dem der Alltag von Allergikern erleichtert werden soll. Hier ist allen voran das Aktionsprogramm Ambrosia<sup>5</sup> zu nennen, das vom Julius Kühn-Institut (JKI) koordiniert wird. Dazu ist im Auftrag des BMELV ein Merkblatt zur Verringerung der Verunreinigung von Futtermitteln mit Samen der Ambrosia artemisiifolia L. (online verfügbar) erschienen. Die Aktionen des Bundes werden ergänzt durch den DWD, der gemeinsam mit dem Deutschen Polleninformationsdienst Pollenflugvorhersagen für Ambrosia zur Verfügung erstellt. Auch einige Länder haben bereits Aktionsprogramme etabliert. Beispielsweise verfolgt Bayern das Konzept der primären Prävention, um die Ausbreitung der eingewanderten Beifuß-Ambrosie und deren Pollenemissionen durch Vernichten der Pflanze zu minimieren<sup>6</sup>. Der Bund sollte gemeinsam mit den Ländern prüfen, ob diese Maßnahme, bundesweit angewendet werden könnte.

Zusätzliche klimabedingte Gesundheitsfolgen sind möglich:

- Häufigere sommerliche Hochdruckwetterlagen könnten die Bildung von bodennahem Ozon begünstigen, das zu Atembeschwerden führen kann,
- verstärkte Sonneneinstrahlung könnte das Hautkrebsrisiko erhöhen und
- nachteilige Veränderungen von Ökosystemen (wie Wälder), die der Mensch als Erholungsraum oder für ein ausgeglichenes lokales Stadtklima benötigt, könnten die Gesundheit zusätzlich beeinträchtigen.

Um Maßnahmen gegen die Auswirkungen des Klimawandels im Hinblick auf nicht-übertragbare Krankheiten, insbesondere bei vulnerablen Gruppen in der Bevölkerung (z. B. Kinder und betagte Menschen, Menschen, die von mehreren Krankheiten gleichzeitig betroffen sind [Multimorbide]), zu ergreifen, muss eine Vielzahl von zusätzlichen Einflussfaktoren berücksichtigt werden, etwa veränderte Lebens-, Wohn- und Umweltbedingungen, Veränderungen des Gesundheitsverhaltens und der medizinischen Versorgung. Es ist eine zuverlässige Datengrundlage zu schaffen, um ein gesundheitspolitisches Transferkonzept abzuleiten, das unter anderem evidenzbasierte Empfehlungen zu den nötigen Anpassungsstrategien ausspricht. Die Informations- und Öffentlichkeitsarbeit sollte dabei sowohl das Fachpublikum, die Gesamtbevölkerung allgemein wie auch deren besonders vulnerablen Gruppenspezifisch ansprechen.

### **Aufklärung und Gesundheitsvorsorge**

Trotz eines gut ausgebauten deutschen Gesundheitssystems wird die Notwendigkeit der Anpassung an klimabedingte Gesundheitsprobleme in Deutschland derzeit noch nicht hinreichend erkannt. Bedingt durch noch unzureichendes Wissen und fehlende Informationen über die Zusammenhänge bei den direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit, ist auch ein Defizit bei den entsprechenden Aufklärungs- und Vorsorgemöglichkeiten fest zu stellen. Bund und Länder sollten deshalb eine zielorientierte, sachgerechte Aufklärung der Bevölkerung, einzelner Risikogruppen aber auch der Multiplikatorinnen und Multiplikatoren wie dem Personal in Medizin und Katastrophenschutz, als wichtige Voraussetzung für Anpassungsmaßnahmen fördern. Gemeinsam sollte ein gesundheitspolitisches Konzept erarbeitet werden, das unter anderem Empfehlungen zur Prävention von Hitzeschäden und anderen mit dem Klimawandel assoziierten Gesundheitsgefährdungen sowie Handlungsvorschläge zur gesundheitsbezogenen Bewältigung von Wetterextremen und Naturkatastrophen bereit hält.

Diesen neuen Herausforderungen entspricht der Bund beispielsweise mit Schwerpunktsetzungen im Aufgabenbereich des Robert Koch-Instituts (RKI 2010). Darüber hinaus trägt das Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit (APUG), eine von drei Ressorts (BMU, BMG und BMELV) getragene Initiative, zur Information und Aufklärung der Bevölkerung sowie zur Förderung der Zusammenarbeit aller verantwortlichen Stellen und Verwaltungsebenen bei.

<sup>5</sup> [www.jki.bund.de/ambrosia](http://www.jki.bund.de/ambrosia)

<sup>6</sup> [http://www.lzg-bayern.de/aktuell\\_wgt.htm](http://www.lzg-bayern.de/aktuell_wgt.htm).

Gut funktionierende Frühwarnsysteme beispielsweise für Hitzebelastungen oder geologische Risiken wie Hangrutschungen vermindern die Gefahren für gesundheitliche Folgen. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) betreibt ein Hitzefrühwarnsystem, welches durch Frühwarnvorhersagen an die Länder, bei Bedarf auch an die Landkreise, über bevorstehende Hitzeperioden informiert. Bund und Länder sollten eine stärkere Vernetzung zwischen dem DWD, den informierten Stellen auf Länder- und Landkreisebene sowie Einrichtungen des Gesundheitswesens, des Katastrophenschutzes oder Einrichtungen wie Schulen und Kindergärten anstreben, damit jeweils vor Ort vorbeugende sowie akute Maßnahmen ergriffen werden können. (vgl. Konzept Klima-Biomonitoring in Kap. 5.2.)

### **Verknüpfung der Gesundheitsvorsorge mit anderen Bereichen**

Ein enger Zusammenhang zeigt sich hier zwischen Gesundheitsvorsorge und baulichen Planungen: Geeignete Architektur sowie Stadt- und Landschaftsplanung können beitragen eine klimatisch bedingte verstärkte Aufheizung der Städte und damit Hitzestress zu lindern. Gerade in Ballungszentren sollte die Frischluftzufuhr über unverbaute Frischluftkorridore gewährleistet sein. Dies kann durch die Anlage unverbaubarer Frischluftschneisen und extensiver Grünanlagen als „Kälteinseln“ erfolgen. Städteplaner und kommunale Behörden sollten dem Trend einer weiteren Versiegelung von Freiflächen durch Siedlungs- und Verkehrsflächen entgegen wirken (s. Kap. 3.2.2.).

Darüber hinaus sollten private und öffentliche Bauherren insbesondere in Gemeinschaftseinrichtungen (wie Krankenhäusern, Pflege- und Seniorenheimen) für ausreichende Isolation (Wärmedämmung) und (passive) Kühlmöglichkeiten, möglichst durch solares Kühlen sorgen.

Gesundheitsgefährdungen durch andere Extremereignisse (wie Sturm oder Hochwasser) werden insbesondere durch angemessenes Verhalten der Bevölkerung, Vorsorgemaßnahmen im Bauwesen, bei der kommunalen Infrastruktur, ein Risiko- und Krisenmanagement von Infrastrukturbetreibern, durch Notfallpläne sowie durch angepassten Hochwasser- und Küstenschutz zu reduzieren sein.

### **3.2.2. Bauwesen**

Klimafolgenforscher erwarten, dass sich der Klimawandel zunehmend auch auf das Bauwesen auswirken könnte. Denn lang anhaltende Hitzewellen im Sommer, zunehmende Starkregen vor allem im Winter sowie stärkere Stürme könnten eine Gefahr für Gebäude, Bauwerke und die zugehörigen Infrastrukturen (wie die Kanalisation) darstellen. Die Folgen häufiger auftretender feuchter Winter sowie einer potenziell längeren Sonneneinstrahlung im Sommer hingegen sind zurzeit noch nicht abschätzbar. Grundsätzlich könnten sich hieraus aber Anforderungen an das Bauwesen zur Vorsorge und zum Schutz von Menschen und Sachgütern vor Auswirkungen des Klimawandels ergeben.

Die Auswirkungen des künftigen Klimawandels werden sich regional unterscheiden. Vor allem in dicht bebauten Siedlungsbereichen wird der Klimawandel überlagert von Effekten des Stadtklimas. Je nach Urbanisierungsgrad ist das Klima in Städten im Verhältnis zum Umland eher geprägt durch geringere Sonnenscheindauer, höhere Temperaturen, geringere relative Luftfeuchte, größere Wolkenbedeckungsgrade, geringere mittlere Windgeschwindigkeiten sowie eine größere Böigkeit des Windes und zunehmende jährliche Niederschlagsmengen. Die Stadtklimaeffekte mit Auswirkungen auf die Gesundheit könnten durch den Klimawandel zusätzlich verstärkt werden (s. Kap. 3.2.1.).

Für unterschiedliche Regionen und Standorte sind Grundsätze entwickelt worden, wie dort unter den jeweiligen Klimabedingungen und gegenwärtigen Standortverhältnissen zu bauen ist (BauGB sowie entsprechende Verordnungen und Richtlinien). Bauplanung, -technik und -ausführung haben in Deutschland einen hohen Standard und sind für verschiedenste Klimabeanspruchungen

ausgelegt, beziehungsweise können an diese angepasst werden. So können technische Baubestimmungen bei Notwendigkeit relativ zügig (z. B. durch Erhöhung der Lastannahmen um 10 % oder 20 %) neuen Entwicklungen und Erkenntnissen angepasst werden. Ungeachtet dessen sieht die Satzung des DIN e.V. vor, DIN-Normen alle 5 Jahre hinsichtlich der Notwendigkeit einer Überarbeitung zu überprüfen.

Im Hinblick auf heute noch als extrem angesehene Witterungsereignisse besteht besonderer Anpassungsbedarf beim Bauen in Hanglagen, in Gebieten mit quellfähigen Böden (wie Tonböden) und Grundwassereinfluss sowie beim Bauen in hochwassergefährdeten Bereichen und in ehemaligen Bergbau-/Tagebaugebieten.

Deshalb ist es notwendig, bestehende und bewährte Instrumente für die Bau- und Planungspraxis weiter zu entwickeln sowie, falls sich dies als erforderlich erweisen sollte, neue Instrumente zu schaffen.

Normen im Bauwesen und Bemessungshilfen, die diesen Normen zugrunde liegen (z. B. Karten mit Schlagregenzonen), orientieren sich aktuell im Wesentlichen an Beobachtungsdaten der Vergangenheit. Daten über mögliche klimatische Entwicklungen in der Zukunft werden dagegen nicht berücksichtigt. Da Gebäude und Infrastrukturen häufig mehr als hundert Jahre genutzt werden, wäre dies jedoch künftig zu empfehlen. Bund und Länder sollten eine mögliche Anpassung von Grundsätzen und Normen auf Grund des Klimawandels und an zukünftige Bedingungen prüfen. Gleichzeitig sollten Möglichkeiten gefunden werden, wie die Umsetzung eines angepassten Bauens durch private und öffentliche Bauträger befördert werden kann.

Auch bei der Gebäudeplanung und der technischen Ausstattung sollten Anpassungen an klimatisch bedingte Veränderungen berücksichtigt werden. Im Winterhalbjahr wird künftig weiterhin Heizungsbedarf bestehen, auch wenn sich dieser Bedarf auf Grund steigender Temperaturen wahrscheinlich leicht verringern wird. Dagegen wird in der Gebäudeplanung und Gebäudetechnik eine stärkere Anpassung an höhere durchschnittliche Sommertemperaturen und zwischenzeitlich längere Hitzeperioden notwendig sein, insbesondere für Dachgeschosswohnungen. Sofern ein guter sommerlicher Wärmeschutz vorliegt, beispielsweise durch Einplanung von Verschattungselementen, geeigneter Wärmedämmung oder eine optimale Gebäudeausrichtung, werden Überwärmungsprobleme in Gebäuden weitgehend vermieden. Technische Anlagen zur Klimatisierung, vor allem im Wohnungsbau, sind so in der Regel nicht nötig. Diese Maßnahmen kombinieren Aspekte des Klimaschutzes und der Anpassung und ergänzen sich auf vorteilhafte Weise (s. Kap. 3.4.).

Kontrollierte Lüftungssysteme werden in Zukunft nicht nur den regelmäßigen Austausch verbrauchter Luft gegen frische Luft sicherstellen. Es besteht künftig wahrscheinlich auch der Bedarf, die Frischluft – vorzugsweise unter Nutzung erneuerbarer Energien – im Winterhalbjahr zu erwärmen und im Sommer bei Hitzeperioden herabkühlen zu können, so wie es in vielen Passivhäusern schon heute der Fall ist.

Die Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit von Baustoffen gegenüber extremen Witterungsereignissen muss vermutlich in Zukunft stärker bei Entscheidungen für oder gegen bestimmte Konstruktionen und Materialien berücksichtigt werden. Bei Neubauten kann bereits zukunftsorientiert geplant und mit neuen Materialien und Konstruktionen gebaut werden. Bei älteren Gebäuden ist das bei umfassenden Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen möglich. Historische Gebäude stellen dabei eine besondere Herausforderung dar.

Da Extremereignisse aller Voraussicht nach häufiger werden, hat die erhaltende Bauvorsorge einen besonders hohen Stellenwert. Für Anpassungs- und Klimaschutzmaßnahmen im Bereich Bauwesen bildet die Verfügbarkeit von Informationen z. B. über Monitoringsysteme und Leitfäden eine wesentliche Grundlage.

### 3.2.3. Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz

Die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt zeigen sich in langfristigen Trends (z. B. in den Grundwasserständen, der Änderung alpiner Abflussregime z. B. von Rhein und Donau, der Veränderung der Gewässergüte) wie auch im häufigeren Auftreten von Extremereignissen (z. B. Hochwasser, Sturmfluten und Dürren). Klimafolgen verstärken zudem bereits bestehende regionale Unterschiede in der Wasserverfügbarkeit. Durch den Klimawandel ergeben sich erhöhte Herausforderungen an das komplexe Zusammenspiel der Gewässernutzungen, woraus vielfältige Anpassungserfordernisse für die Wasserwirtschaft, den Hochwasserschutz und den Küstenschutz erwachsen. Die Vollzugskompetenz liegt für alle diese Bereiche bei den Ländern.

Aufgrund von Studien sind für den Bereich der Wasserwirtschaft folgende Klimafolgen zu erwarten:

- Die Wahrscheinlichkeit für Hochwasser durch häufigere und intensivere Starkniederschläge wird steigen. Häufigkeit und Höhe von Sturmfluten könnten zunehmen.
- Durch wärmere Winter wird der Anteil von Schnee am Gesamtniederschlag abnehmen; es reduziert sich die zeitliche Speicherung als Schnee, sodass Niederschlag zu unmittelbarem Abfluss führt. Die winterliche Hochwassergefahr steigt.
- Häufigeres Auftreten von Niedrigwasserperioden durch meist sommerliche Trockenzeiten mit Auswirkungen auf die Kühlwasserentnahmen und die ökologische Situation. Frühere Schneeschmelzen führen zudem zu einem geringeren Ausgleich von Niedrigwasser in Rhein und Donau in den Sommermonaten.
- Die mögliche Zunahme extremer Wind- und Niederschlagsereignisse verstärkt die Gefahr von Erosion und dies bewirkt möglicherweise, dass Schadstoffe, Dünge- und Pflanzenschutzmittel aus unterschiedlichsten Bereichen in Grund- und Oberflächengewässer gelangen. Auch Hochwasserereignisse verschlechtern oft die Wasserqualität, beispielsweise durch Umlagerung kontaminierter Sedimente, Überflutung von Industrie- und Kläranlagen sowie privater Heizöltanks. Zusätzlich bergen Starkregenereignisse die Gefahr, dass Mischkanalisationen in Siedlungsgebieten entlastet werden müssen, was zu einem erhöhten Stoffeintrag in Gewässer führt. Krankheitserreger können dadurch stellenweise extrem häufig vorkommen.
- Eine zunehmende Erwärmung der Wasser- und Bodentemperaturen aquatischer Systeme im Sommer bewirkt beispielsweise, dass der Sauerstoffgehalt der Gewässer sinkt. Für Wassertiere und -pflanzen bedeutet das zusätzlichen Stress, denn sie leiden bereits unter hoher Wassertemperatur und eingeschränktem Wasservolumen. Geringe Sauerstoffgehalte und höhere Wassertemperaturen begünstigen während Niedrigwasserperioden Rücklösungen aus Sedimenten und können so einen Stoffeintrag ins Gewässer nach sich ziehen. Darüber hinaus belasten Einleitungen, beispielsweise aus Kläranlagen, aber auch diffuse Einträge wegen des verschlechterten Verdünnungsverhältnisses die Gewässer in verstärktem Maße.
- Da die Versorgung mit Trinkwasser in Deutschland überwiegend aus lokal vorhandenen Ressourcen des Grundwassers und nur teilweise aus Uferfiltrat oder Oberflächenwasser (z. B. Talsperren) erfolgt, werden auch unter geänderten klimatischen Bedingungen keine grundsätzlichen Probleme in der Trinkwasserversorgung erwartet. Dort, wo längere Trockenheit herrscht, können regionale Ausnahmen allerdings nicht ausgeschlossen werden.  
Sommer-niedrige Wasserstände in Oberflächengewässern erhöhen jedoch die Konzentration unerwünschter Stoffe im Wasser. Diese Stoffe belasten das Ökosystem und können im Falle von Trinkwassergewinnung aus Uferfiltraten einen erhöhten Aufwand für die Trinkwasseraufbereitung bedeuten.
- Häufigeres Auftreten von Trockenperioden in den Sommermonaten führen zu verstärkter Austrocknung der Feuchtgebiete und Moore. Dies wirkt sich negativ auf die Fähigkeit intakter Feuchtgebiete und Moore aus, Starkregenereignisse abzupuffern.

Die zusätzlichen Handlungserfordernisse und -optionen in Bezug auf Klimafolgen sind:

### **Die Einbeziehung von Folgen des Klimawandels in das integrierte Flussgebietsmanagement**

Die integrierte Bewirtschaftung von Flussgebieten ist in der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL – Richtlinie 2000/60/EG) und der EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRMRL – Richtlinie 2007/60/EG) festgelegt. Darunter versteht man das koordinierte Management von Schutz und Nutzung aller Gewässer in einem Flussgebiet – und zwar Länder- und Staatsgrenzen überschreitend. Dies erfolgt mit dem konkreten Ziel einen guten Zustand der Gewässer zu erreichen. Die Auswirkungen des Klimawandels werden zukünftig für Gewässer und deren Management zunehmend an Bedeutung gewinnen. Hierbei ist zu prüfen, ob die Monitoringprogramme der WRRL ausreichen, um diese Auswirkungen belastbar zu erfassen und zu bewerten.

Für die Wasserrahmenrichtlinie sind daher bei der Aufstellung der Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne (erstmalig bis Ende 2009, danach im 6-Jahreszyklus) Maßnahmenalternativen den Vorzug zu geben, bei denen absehbar ist, dass sie auch unter einem breiten Spektrum von Klimafolgen robust und effizient den Anforderungen entsprechen. Dies gilt insbesondere für investive Maßnahmen mit einer langen Bestandsdauer. In der WRRL sollten Maßnahmen bevorzugt werden, die die natürliche Anpassungsfähigkeit der Gewässer wie auch die Lebensraum- oder Habitatvielfalt unserer Gewässer erhalten oder stärken (z. B. durch Gewässer- und Auenrenaturierung, die Verstärkung des Rückhalts in der Fläche durch Ausweisung von Retentionsräumen und angepasster landwirtschaftlicher Bewirtschaftung). Ein wichtiger Schritt in Richtung Anpassung wird bereits mit der im Entwurf des Umweltgesetzbuchs (UGB II, Buch Wasserwirtschaft) vorgesehenen Regelung der Mindestwasserführung insbesondere in Fließgewässern gemacht.

In der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie werden die Auswirkungen des Klimawandels auf den Umgang mit Überschwemmungen aus Oberflächengewässern und an Küsten (s. Kap. 3.3.) explizit einbezogen. Handlungs- und Planungsgrundlagen wie die 6-jährlichen Risikoanalysen, Gefahren-/Risikokarten sowie Hochwasserrisikomanagementpläne werden regelmäßig unter Berücksichtigung des aktuellen Wissensstands über die Folgen des Klimawandels angepasst.

Der Bund unterstützt die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie und der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie durch Forschungsaktivitäten zu methodischen Aspekten. Beide Richtlinien werden bundeseinheitlich im Umweltgesetzbuch, Buch Wasserwirtschaft, rechtlich umgesetzt. Der Bund koordiniert zudem die deutsche Position in der Zusammenarbeit in den 6 internationalen Flussgebieten.

Ferner unterstützt der Bund im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) die Länder seit langem bei der Umsetzung von Maßnahmen im Binnenland und an der Küste und wird dies weiterhin tun. Darüber hinaus sollen durch einen Sonderrahmenplan der GAK zusätzliche Maßnahmen des Küstenschutzes, die durch den Klimawandel erforderlich werden, ab 2009 bis 2025 mit Bundesmitteln in Höhe von insgesamt 380 Mio. Euro gefördert werden.

### **Die Anpassung der Infrastruktur**

Bei Überprüfungen und ggfs. Anpassungen der vorhandenen Infrastrukturen der Wasserver- und -entsorgung sind die Klimaauswirkungen in einem engen Zusammenhang mit Auswirkungen anderer Veränderungsprozesse wie dem demographischen und/oder dem wirtschaftlichen Wandel sowie Landnutzungsänderungen zu sehen. Dies gilt zum Beispiel für die Anpassung der Versorgungs- und Kanalsysteme, Wasserreservoirs, chemische Trinkwasseraufbereitungen, um etwa Überflutungen von Mischkanalisationen bei Starkregenereignissen, Versorgungsengpässe in Trockenzeiten und der Verkeimung durch zu geringen Rohrdurchfluss oder zu hohe Leitungstemperaturen zu vermeiden.

So muss die Ableitung des Niederschlagswassers künftig auch unter den Aspekten Landschaftsverbrauch, demografischer Wandel und Reduzierung der Schadstoffbelastung überprüft und nachhaltig gestaltet werden. Der Entwurf für das Umweltgesetzbuch<sup>7</sup> sieht daher Vorgaben für die Niederschlagswasserbehandlung vor. So soll Niederschlagswasser ortsnah versickert, verrieselt oder über eine Kanalisation ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer eingeleitet werden.

Einen bedeutsamen Bestandteil der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur bilden die Talsperren, Speicher und Rückhaltebecken. Diese Stauanlagen werden zunehmend multifunktional in das Gesamtsystem der Wasserwirtschaft im Einzugsgebiet für Trinkwasserbereitstellung, Wasserkraft, Abflussregulierung (Niedrigwasseraufhöhung, Hochwasserschutz) integriert. Voraussetzung für die multifunktionale Nutzung im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel ist jedoch die Anwendung des adaptiven Talsperrenmanagements, d.h. die zeitlich und räumlich differenzierte Bewirtschaftung der Stauräume unter Berücksichtigung der naturräumlichen und wasserwirtschaftlichen Anforderungen der Unterlieger.

### **Eine effiziente Wassernutzung**

Insgesamt kann man in Deutschland auch für die Zukunft von einer gesicherten Wasserversorgung ausgehen. Gleichwohl können künftig vor allem bei längeren und häufiger auftretenden regionalen Trockenheitsphasen und Niedrigwasserperioden regional Nutzungskonflikte bei oberirdischen Gewässern und insbesondere bei oberflächennahen Grundwasserentnahmen (z. B. für Beregnung) möglich werden. Im Zusammenhang mit einem Nachfragemanagement sind technische Methoden und Verbesserungen zum effizienteren Einsatz von Wasser möglich und sollten nach dem Prinzip der Verhältnismäßigkeit erwogen werden:

- Verwenden von so genanntem Grauwasser, Dachablaufwasser oder Prozesswasser für technische und industrielle Zwecke, deren Erfüllung keiner Trinkwasserqualität bedarf,
- Fortentwicklung von Wasser sparenden Methoden, insbesondere in gewerblichen/industriellen Herstellungsprozessen,
- Vorsorge gegen Wasserverluste im Verteilungsnetz,
- effizientere Kühlung von Kraftwerken und verlustärmere Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen und
- Nutzung von gereinigtem und mikrobiologisch einwandfreiem Abwassers zur Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen.

Zu bedenken ist allerdings, dass intensivierete Wasserkreisläufe immer auch „intensivierte Stoffkreisläufe“ bedeuten. Das heißt Verunreinigungen können sich anreichern, wenn die Reinigungstechnik nicht in gleichem Maß intensiviert wird.

### **Die Unterstützung der Eigenvorsorge im Hochwasserschutz**

Die lokal begrenzt und kurzfristig auftretenden, oft schadensreichen Starkregenereignisse zeigen, dass die öffentliche Hochwasservorsorge diesen Ereignissen weder vorbeugen noch diese abwenden kann. Dies gilt insbesondere da Starkregenereignisse sehr wahrscheinlich auch langfristig keinen vorhersehbaren Risikozonen zugeordnet werden können. Deshalb sollte aus Vorsorgegründen beispielsweise die Prüfung eines Einbaus von Rückstauklappen für alle Gebäudeanschlüsse durch Satzung vorgeschrieben oder erforderlichenfalls durch den Umbau der Kanalisation die Gefahr durch Überflutungen aus Kanalsystemen verringert werden.

Da kurzfristig ausgesprochene Warnungen in Risikogebieten nur eine geringe Wirkung haben, muss die Verhaltens- und Eigenvorsorge (Schutz von Gütern) der Bevölkerung durch die Informationsbereitstellung und Bewusstseinsbildung durch öffentliche Stellen gefördert werden. Dies kann durch unterschiedliche Akteure erfolgen: Die Bundesseite kann dabei unterstützen. Im besten Fall sollten aber durch die kommunalen Ebenen die lokalen Betroffenheiten und individuellen Anpassungsoptionen vermittelt werden.

---

<sup>7</sup> UGB II, Buch Wasserwirtschaft

### **Der Klimawandel in der Meeresschutzpolitik: Vorsorge und Bewältigung der Folgen**

Deutschland arbeitet im Rahmen der Regionalkooperationen zum Schutz von Nordostatlantik (OSPAR) und Ostsee (HELCOM) seit Jahren daran, dem Klimawandel auch in der Meeresschutzpolitik Rechnung zu tragen (s. OSPAR Qualitätszustandsbericht 2000 und den 2007 HELCOM-Bericht „Climate Change in the Baltic Sea Area“). Darüber hinaus sind vom Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung globale Umweltveränderungen (WBGU) im Rahmen des Sondergutachtens „Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer“ wesentliche Punkte angesprochen worden.

Für die Meere ist es wesentlich, alle Faktoren zu begrenzen, die einerseits zur Erwärmung und andererseits zur Versauerung führen. Die Meeresschutzpolitik selbst hat dabei nur wenig eigene Handlungsfelder und profitiert von allen Maßnahmen, die dazu beitragen, den Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre zu verhindern oder zumindest zu verringern. Zusätzlich zu den vorhandenen Belastungen der Meeresumwelt z. B. durch fischereiliche Nutzung und durch Stoffeinträge wirkt sich die Erwärmung und Versauerung der Meere nachteilig auf die biologische Vielfalt und die Widerstandskraft der marinen Ökosysteme aus. Schutzmaßnahmen wie die Einrichtung gut geführter und ausreichend großer Schutzgebiete leisten einen wichtigen Beitrag, um Arten, die unter klimabedingten Stressfaktoren leiden, zumindest vor bestimmten anthropogenen Stressfaktoren zu schützen und diesen dadurch bessere Überlebenschancen zu geben. Im Rahmen von HELCOM und OSPAR haben Bund und Länder bereits eine Reihe von Schutzgebieten benannt, die Bestandteil des von beiden Kooperationen gemeinsam vereinbarten und bis 2010 zu errichtenden Netzwerks gut geführter Meeresschutzgebiete sind.

Beim Meeresschutz kommt der internationalen Zusammenarbeit eine wichtige Rolle zu, da nicht nur die unmittelbaren Anlieger Einfluss auf ein Meeresökosystem nehmen.

Dem Meeresschutz liegt ein ganzheitlicher Ökosystemansatz zugrunde. Dieser verlangt die integrative Einbeziehung aller Politikbereiche, welche Auswirkungen auf die Qualität der Meeresumwelt und insbesondere ihre biologische Vielfalt haben können.

Ein wesentliches Beispiel einer solchen Integration ist die Europäische Meeresschutzstrategie mit der im Juli 2008 in Kraft getretenen Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie. Diese wird durch die von der Bundesregierung im Oktober 2008 verabschiedete Nationale Meeresstrategie ergänzt und für Deutschland konkretisiert.

Die Europäische Meeresschutzpolitik steht im Zusammenhang mit den Zielen der Errichtung eines weltweiten Meeresschutzgebietsnetzes bis 2010, dessen Etablierung anlässlich des Weltnachhaltigkeitsgipfels (WSSSD) in Johannesburg im Jahr 2002 beschlossen wurde. Dieser Beschluss wurde im Rahmen des Arbeitsprogramms „Schutzgebiete“ im Rahmen der VN-Konvention über die Biologische Vielfalt anlässlich der 7. Vertragsstaatenkonferenz durch die Staatengemeinschaft bekräftigt.

#### **3.2.4. Boden**

Dem Ökosystem Boden kommt im Zusammenhang mit möglichen Folgen des Klimawandels und entsprechenden Anpassungsmaßnahmen eine besondere Bedeutung zu. Zu einem sachgerechten Bodenschutz gehören auch standortangepasste Pflanzen und eine entsprechende Bodenbedeckung.

Das Klima beeinflusst viele Bodenprozesse und damit auch die Entwicklung von Böden, die Bodeneigenschaften und die Bodenfunktionen. Klimaänderungen wirken sich auf den Nährstoff- und Wasserkreislauf sowie Bodenbildungsprozesse (Stoffkreisläufe, Humusbildung, Kohlenstoffbindung (C-Sequestrierung) und Erosionsprozesse aus, wodurch wesentliche natürliche Bodenfunktionen betroffen sind und teilweise beeinträchtigt werden können.



Um negative Effekte durch Veränderungen in der Boden- und Humusbildung und damit der C-Sequestrierung zu verringern, sind standortangepasste Landnutzungsstrategien erforderlich (s. dazu auch aktuelles Forschungsprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung „Nachhaltiges Landnutzungsmanagement“ unter 5.2.). Landwirtschaftliches Handeln im Rahmen der guten fachlichen Praxis berücksichtigt auch den Bodenschutz.

Klimatisch bedingte Änderungen im System Boden haben direkte Auswirkungen auf natürliche Produktionssysteme, den Wasserkreislauf (in qualitativer und quantitativer Hinsicht) sowie die biologische Vielfalt. Zugleich tragen alle aktuellen präventiven Maßnahmen der Verringerung bzw. Vermeidung der Bodenerosion, der schadhafte Bodenverdichtung sowie der Erhalt der organischen Substanz zum Schutz der ökologischen Leistungsfähigkeit der Böden bei und sind geeignete Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel.

Dabei wird der Schutz der Bodenfunktionen vielfach unmittelbar durch die Maßnahmen anderer Sektoren namentlich der Land- und Forstwirtschaft, der Wasserwirtschaft, des Naturschutzes und der Raumplanung geleistet, oder in enger und integraler Abstimmung mit diesen Sektoren (siehe daher die entsprechenden Kapitel unter 3.2.). Von entscheidender Bedeutung für die Ableitung geeigneter Anpassungsmaßnahmen ist die Erhebung (Messung) und Verfügbarmachung belastbarer Daten zu Klimafolgen. Im Falle des Bodens ist hierfür vertiefte Forschung sowie die Optimierung und ggfs. die Erweiterung bestehender Monitoringprogramme erforderlich (s. dazu Kasten in Kap.5.2.).

Es ist erforderlich, den Bodenschutz im Hinblick auf die Gefahren der Erosion und des Rückgangs der Humusgehalte, v. a. auch in hydromorphen Böden zu intensivieren. Um Zielkonflikte zu begegnen, diskutieren Bund und Länder die Schutzziele und Anpassungsstrategien für den Boden ressortübergreifend mit allen Akteuren (Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, Naturschutz, Atmosphären- und Klimaforschung) und stimmen diese ab.

### 3.2.5. Biologische Vielfalt

Hinweise auf Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt (s. *Glossar*) in Deutschland wurden bereits in großer Zahl dokumentiert. Sie zeigen sich unter anderem beim Jahresrhythmus, bei Verbreitung und Vermehrungserfolg von Arten, in der Zusammensetzung und Struktur von Lebensgemeinschaften sowie durch Veränderungen der innerartlichen Vielfalt. Da Arten unterschiedlich auf Klimaänderungen reagieren, werden sich neuartige Artenkombinationen bilden, d.h. zwischen Arten, die einen gemeinsamen Lebensraum bewohnen oder voneinander abhängig sind, kommt es zu Verschiebungen. Auch die zeitliche Synchronisation bestimmter Entwicklungsphasen kann sich auflösen (bestimmte Fischarten laichen zum Beispiel zu Zeitpunkten, in denen das Nahrungsangebot für den Nachwuchs groß ist). Zudem wandeln sich Nahrungsnetze und Konkurrenzsituationen.

Durch Klimaänderungen könnten in den nächsten Jahrzehnten Schätzungen zufolge bis zu 30 % der derzeitigen Tier- und Pflanzenarten deutschlandweit aussterben, da ihre Anpassungsfähigkeit begrenzt ist. Gleichzeitig werden sich vom Menschen eingebrachte Arten vermehrt in der freien Natur etablieren, bereits etablierte Arten ihre Verbreitung ausdehnen oder neue Arten zuwandern. Bei den zurückgehenden Arten wird es sich Modellrechnungen zufolge überdurchschnittlich häufig um bereits heute seltene und gefährdete (insbes. Arten der Roten Liste) handeln.

Negative Folgen werden besonders für Arten der Gebirgs- und Küstenregionen und für solche Arten erwartet, die auf Gewässer und Feuchtgebiete oder kleinräumige Sonderstandorte spezialisiert sind. Denn diese Lebensräume bieten z. T. keine Ausweichmöglichkeiten bei Klimaveränderungen. Sie könnten besonders gravierenden Veränderungen durch den Klimawandel unterliegen, z. B. durch zunehmende Trockenheit, überdurchschnittlich starke Erwärmung oder den Meeresspiegelanstieg. Das sensible Ökosystem Wattenmeer könnte stark gefährdet sein, wenn durch

dauerhafte Überflutung und Erosion Lebensräume verloren gingen. Auch Arten mit geringer Ausbreitungsfähigkeit werden verstärkt betroffen sein.

Für Arten und ihre Lebensräume ist eine veränderte Landnutzung voraussichtlich ähnlich bedeutsam wie die direkten klimatischen Effekte. Der Klimawandel wird wahrscheinlich zu einer Steigerung des für die einzelnen Maßnahmen erforderlichen Flächenbedarfs führen. Neben einem zu erwartenden zusätzlichen Raumbedarf zur Erreichung von Naturschutzziele (beispielsweise für Biotopverbunde und Ausweichhabitate) konkurrieren der möglicherweise auszuweitende Anbau von nachwachsenden Rohstoffen, zusätzlicher Deichbau sowie die Sicherung von Verkehrswegen um die knappen Flächen. Hier wird es darauf ankommen, dass Bund und Länder die quantitativ und qualitativ festgelegten Ziele der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt und des Bundesnaturschutzgesetzes für Schutzgebiete und Vernetzungen durch geeignete Maßnahmen erreichen.

Viele geplante Maßnahmen zum Erhalt der Biodiversität (wie Biotopverbundsysteme und Renaturierungsprojekte) tragen dazu bei, die Anpassungsfähigkeit der natürlichen Systeme zu erhalten oder wieder zu stärken. Auch die vielfältigen Bestrebungen, Schad- und Nährstoffeinträge in die Ökosysteme durch die nationale und internationale Umweltgesetzgebung zu mindern, unterstützen die Erhaltung der Lebensräume und der Biodiversität. Die Umsetzung dieser Maßnahmen, die unter anderem in der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt aufgeführt sind und teilweise bereits begonnen wurden, ist daher auch ein wichtiges Element der Deutschen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel.

Im Sinne einer integrierten Herangehensweise sollten Bund und Länder integrative Maßnahmen prüfen und ergreifen, die Synergien zwischen Naturschutz, Klimaschutz und Anpassung nutzen und die Biodiversität erhalten. Dies ist beispielsweise möglich wenn Maßnahmen die Speicherfunktion von Feuchtgebieten für Kohlenstoff sowie deren Pufferfunktion für Folgen von Extremereignissen auf den Wasserhaushalt nutzen. Wichtige Schritte für die Entwicklung solcher Maßnahmen wurden bereits mit der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt, der durch Rat und Parlament der EU unterstützten Mitteilung der EU-Kommission „Halting the loss of biodiversity by 2010 – and beyond“ sowie mit der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie eingeleitet. BMELV hat mit der Sektorstrategie „Agrobiodiversität“ konkrete Maßnahmen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der Agrobiodiversität als Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel vorgeschlagen (s. Kap. 3.2.6.). Die Schaffung einer eigenen Methoden- und Datenbasis wird auch durch das länder eigene Konzept „Klima-Biomonitoring“ skizziert, das auch die im Folgenden angesprochenen Themen behandelt (s. Kap. 5.2.).

Im Folgenden werden spezifische Handlungserfordernisse und Maßnahmenoptionen dargestellt, die über die oben genannten Vorgaben hinausgehen und die sich aus der notwendigen Anpassung an den Klimawandel ergeben.

### **Die Etablierung von effektiven Biotopverbundsystemen**

Die Bundesländer sollen – in enger Zusammenarbeit mit Akteuren von der lokalen bis zur europäischen Ebene – effektive Biotopverbundsysteme einrichten bzw. weiterentwickeln, damit sich Arten und Populationen anpassen können, wenn sich ihre klimatisch geeigneten Lebensräume verschieben. Die Entwicklung des Biotopverbundes sollte auch bei der Weiterentwicklung von Agrarumweltmaßnahmen und weiteren Maßnahmen der zweiten Säule der gemeinsamen EU-Agrarpolitik sowie im Rahmen eines Nationalen Auenprogramms berücksichtigt werden. Die Zerschneidung natürlicher Systeme sowie der Flächenverbrauch müssen verringert werden. Dazu müssen Siedlungs-, Infrastruktur- und Verkehrsplanungen entsprechend umsichtig gestaltet werden und geeignete Maßnahmen entlang bestehender Verkehrswege sowie an Fließgewässern getroffen werden. Ein laufendes Forschungsvorhaben wird im Jahr 2009 eine Methodik liefern, wie Prioritäten zur Vernetzung von Lebensraumkorridoren im überregionalen Straßennetz festgelegt werden könnten. Die Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und für

Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung haben eine gemeinsame Arbeitsgruppe etabliert, die Lösungen entwickeln soll, um das geplante Vernetzungskonzept bundesweit umzusetzen. Da die Durchlässigkeit der Landschaft nicht an Staatsgrenzen endet, wird durch Bund und Länder angestrebt die geplanten Maßnahmen auch mit den europäischen Nachbarstaaten abzustimmen.

### **Die Weiterentwicklung des Schutzgebietssystems**

Bund und Länder sollten Optionen analysieren, wie das bestehende Schutzgebietssystem an zukünftige Anforderungen durch den Klimawandel angepasst werden kann. Natura 2000 bietet bereits sowohl geeignete Rückzugs- und Anpassungsräume an Land und im Meer als auch nutzungsfreie Gebiete und leistet somit einen Beitrag zur Verringerung negativer Auswirkungen des Klimawandels. Die Länder sollten bei der Erstellung bzw. der Überarbeitung der Pflege- und Entwicklungspläne sowie Managementpläne für Schutzgebiete und gegebenenfalls einzurichtende Pufferzonen die Erfordernisse des Klimawandels berücksichtigen.

### **Die Unterstützung voraussichtlich besonders betroffener Arten und Biotope**

Bund und Länder sollten in Zusammenarbeit mit Forschungsinstitutionen und Verbänden Monitoring- und Forschungsprogramme einrichten, die Auswirkungen von Klimaveränderungen sowie von Maßnahmen zu Klimaschutz und Anpassung dokumentieren und über Indikatoren nachvollziehbar abbilden, belastbare Aussagen über zu erwartende Entwicklungen liefern und diese im Abgleich mit den Monitoringergebnissen validieren. Dabei soll soweit möglich auf bestehende Monitoring- und Forschungsprogramme aufgebaut werden.

Bund und Länder sollten die Ergebnisse der Klima(folgen)forschung einschließlich deren Unsicherheiten aus Gründen der Vorsorge stärker in Programmen und Instrumenten des Naturschutzes (u. a. Artenschutz-, Biotopschutz-, Gebietsschutz- und Vertragsnaturschutzprogrammen) berücksichtigen. Dabei sind erwartete klimabedingte Veränderungen in der Gefährdungssituation von Arten und die Erreichbarkeit von Zielen einzubeziehen. Unter anderem sind diese Ergebnisse und Analysen auch zur Bewertung von Eingriffen und für die Gestaltung von Ausgleichsmaßnahmen wichtig. Nachholbedarf besteht bei der Einführung von Artenschutzprogrammen im marinen Bereich.

Für stark durch Klimawandel gefährdete Arten (siehe oben) sollten gleichzeitig andere vorhandene Gefährdungsursachen und beeinträchtigende Nutzungsformen ihrer Biotope verringert werden. Die Erhaltung ausreichend großer Bestände mit einer entsprechenden genetischen Vielfalt ist eine wichtige Voraussetzung für Anpassungsprozesse.

**Beispiel Feuchtgebiete:** Hier müssen die Auswirkungen regional zunehmender Sommertrockenheit und steigender Temperaturen verringert werden. Dies kann insbesondere durch die Erarbeitung und Umsetzung von Konzepten und Programmen erreicht werden, die Feuchtgebiete regenerieren und hydrologische Verhältnisse von Mooren stabilisieren sowie die Entwässerung im Grünland reduzieren. Außerdem müssen die Durchgängigkeit und Strukturvielfalt von Gewässern erhöht und Flussauen rückgewonnen und redynamisiert werden. Entsprechende Maßnahmen werden bereits durch staatliche Förderprogramme unterstützt. Sie sollten intensiviert und in Kooperation zwischen den zuständigen Behörden für Naturschutz, Landwirtschaft und Wasserwirtschaft und Landnutzern umgesetzt werden.

Darüber hinaus sind integrierte Entwicklungsstrategien für die Ökosysteme des Küstenraums einschließlich der Flussstrichter (Ästuarbereiche) nötig, die dort, wo dies erforderlich ist, die Etablierung von Ausweichhabitaten für vom Meeresspiegelanstieg betroffene Lebensgemeinschaften ermöglichen und Synergien zwischen Naturschutz und Küstenschutz nutzen.

### **Der Umgang mit invasiven Arten**

Für den Umgang mit invasiven Arten (s. *Glossar*), auch mariner invasiver Arten, sollte zwischen Bund und Ländern ein gemeinsames Vorgehen angestrebt werden. Um Maßnahmen zur Vorbeugung von Problemen, die durch die Einwanderung dieser Arten entstehen, zu erleichtern, sollten entsprechende Frühwarnsysteme zwischen Nachbarstaaten für bisher noch nicht in ausreichendem Umfang abgedeckte Artengruppen eingerichtet werden. Biotopverbunde sollten nach Möglichkeit so gestaltet werden, dass sie der Ausbreitung von invasiven Arten nicht Vorschub leisten.

### **Die Berücksichtigung von Naturschutzaspekten bei der Erzeugung und Förderung erneuerbarer Energien**

Das Ziel, die Nutzung erneuerbarer Energien zur Begrenzung des Klimawandels auszuweiten, muss unter Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien v. a. zur Vermeidung negativer Auswirkungen auf Natur und Landschaft verfolgt werden. Die Attraktivität von Agrarumwelt- und Vertragsnaturschutzprogrammen im Vergleich zu anderen Nutzungsoptionen ist zu erhalten.

Vor dem Hintergrund der Ausweitung des Anbaus von Energiepflanzen ist es besonders wichtig, dass empfindliche Biotope und Vorranggebiete für den Naturschutz bei der Standortwahl berücksichtigt werden.

### **Die Landschaftsplanung als Managementansatz**

Die Landschaftsplanung sollte zukünftig verstärkt die Dynamik und die Veränderungen in Natur und Landschaft durch den Klimawandel vorausschauend berücksichtigen. Ziel muss es sein, Anpassungsoptionen sowie flexible Entwicklungsmöglichkeiten von Natur und Landschaft zu unterstützen. Wenn in der überörtlichen Landschaftsplanung Vorgaben zur Vermeidung negativer Auswirkungen von Eingriffen in Ökosysteme gemacht werden, sollten bei der Beurteilung möglicher Eingriffsfolgen auch die – zukünftigen – ökologischen und räumlichen Folgen des Klimawandels beachtet werden. Mit Hilfe der kommunalen Landschaftsplanung und Eingriffsregelung sollten klimarelevante Funktionen von Natur und Freiräumen im Siedlungsbereich stärker berücksichtigt werden. Dies gilt auch im Zusammenhang mit der baulichen Nachverdichtung und der Innenentwicklung. Wege zur Erreichung der genannten Ziele sollten Bund und Länder im Rahmen von Forschungsvorhaben entwickeln.

### **Agrobiodiversität**

Bund und Länder sollten bei der Entwicklung von an den Klimawandel angepassten landwirtschaftlichen Nutzungssystemen und Nutzungsmethoden die Erhaltung der Agrobiodiversität auch unter veränderten Rahmenbedingungen gewährleisten. Durch die Anwendung und Weiterentwicklung geeigneter Bewirtschaftungssysteme sollte angestrebt werden, die Synergien zwischen Landwirtschaftlicher Erzeugung, Naturschutz, Bodenschutz, Gewässerschutz und Klimaschutz zu verbessern. (s. Kap. 3.2.6.)

## **3.2.6. Landwirtschaft**

Die Landwirtschaft ist vom Wetter und Klima unmittelbar abhängig. Gegenüber Veränderungen des Klimas reagiert sie unterschiedlich empfindlich. Dabei können die bereits heute festzustellenden regionalen Unterschiede in der Ausprägung des Klimawandels die Auswirkungen noch verstärken. Regionen, die unter heutigen Bedingungen für eine landwirtschaftliche Nutzung eher zu kühl bzw. zu feucht sind, könnten von einer allmählichen Erwärmung und der längeren Vegetationsperiode durch den Anbau bisher wärmelimitierter Kulturen profitieren. In bereits heute wärmeren bzw. trockenen Regionen wirkt sich der Klimawandel hingegen eher kritisch aus.

Obwohl eine höhere atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration das Pflanzenwachstum qualitativ und quantitativ steigern kann, darf dieser CO<sub>2</sub>-Düungeeffekt nicht überbewertet werden, denn maßgeblich begrenzend für den Ertrag dürfte v. a. der zunehmende Wassermangel sein.

Weiterhin könnten zunehmende Witterungsextreme die Ertragssicherheit gefährden. Bei vermehrtem Stress durch Hitze, Kälte, Trockenheit oder Nässe, starkem Regen sowie Wind und Sturm ist mit erheblichen Ertragsausfällen zu rechnen, insbesondere, wenn der Stress bereits während empfindlicher Wachstumsphasen der Pflanzen auftritt, etwa bei der Blattbildung, beim Blühen oder der Fruchtbildung und Abreife. Frühjahrstrockenheit kann daher gravierendere Folgen haben als Sommerhitze.

Zusätzlich könnten Schäden durch häufigere Starkniederschläge und Hagel sowie – vor allem im Obstanbau – die Frostgefährdung durch frühere Blüte zunehmen. Auch kann die Winterhärte, d.h. die Widerstandsfähigkeit von Pflanzen in frostreichen Wintern, durch Witterungsextreme vermindert werden. Eingeschleppte und Wärme liebende Schadorganismen der Pflanzen sind Ursachen möglicher weiterer Schäden, wobei die Folgen im Einzelnen bisher schwer abschätzbar sind.

In der Tierhaltung könnten höhere Sommertemperaturen Nahrungsaufnahme und Produktivität verringern und dadurch deutliche Produktionseinbußen verursachen. So lässt die Leistung von Milchkühen bereits bei Temperaturen von über 20 bis 25° C nach. Auch für die Einschleppung und Ausbreitung neuer, durch Überträger (Vektoren) verbreitete Krankheiten hat der Klimawandel eine wichtige Bedeutung, da die Überträger günstigere Verbreitungs- und Überlebensbedingungen vorfinden könnten (s. Kap. 3.2.1.). Die mit hohen wirtschaftlichen Einbußen verbundenen Ausbrüche der Blauzungenkrankheit bei Wiederkäuern seit Mitte August 2006 sind möglicherweise auf den Klimawandel zurückzuführen. Das eingeschleppte Virus, das ursprünglich aus Südafrika stammt, konnte sich in Europa ausbreiten, da es entgegen früherer Erkenntnisse auch durch einheimische Mückenarten (Gniten) übertragen wird. Auch wenn bis heute ungeklärt ist, wie es zur Einschleppung des Erregers kam, werden die außergewöhnlichen klimatischen Verhältnisse der letzten beiden Jahre sowohl mit der initialen Verbreitung durch Begünstigung der Vermehrung des Virus der Blauzungenkrankheit in den Gniten als auch mit der „Überwinterung“ der Infektion durch das Ausbleiben einer vektorfreien Zeit im Winter in Verbindung gebracht.

Aus den oben skizzierten Folgen für die Landwirtschaft ergibt sich, dass die einheimische Agrarwirtschaft verstärkt in die Lage versetzt werden muss, sich ggfs. an die zu erwartenden Klimaänderungen anzupassen. Zur Anpassung können Maßnahmen der landwirtschaftlichen Betriebe, der Tier- und Pflanzenzüchtung, der landwirtschaftlichen Beratung und der Politik beitragen. In einigen Feldern besteht noch vertiefender Forschungs- und Entwicklungsbedarf (s. Kap. 5.2. *Sektorale Anpassungsforschung*). Anpassungen an zunehmende Witterungsextreme sind schwerer zu realisieren: Hier könnten ggfs. Mehrgefahrenversicherungen ein geeignetes Instrument für die Landwirtschaft sein.

Die Agrarministerkonferenz verweist mit ihrem Beschluss vom September 2008 auf die laufenden Maßnahmen der umfangreichen Programme von Bund und Ländern und unterstützt die Notwendigkeit für deren Weiterentwicklung. Hierzu gehören insbesondere:

- Pflanzenzüchter sind auch weiterhin durch ein wirksames Sortenschutzrecht in die Lage zu versetzen, angepasste Pflanzensorten zu entwickeln und ggfs. weitere Kulturarten züchterisch zu bearbeiten oder in die züchterische Bearbeitung einzubeziehen.
- Förderung des Wasserrückhalts in dürregefährdeten Agrar- und Waldlandschaften über die Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" (GAK).
- Förderung der Infrastruktur zur Bewässerung über die GAK.
- Förderung von Verfahren zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit, der Bodenstruktur sowie der natürlichen Regelmechanismen im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen.

- Wissenstransfer insbesondere im Hinblick auf angepasste Formen der Landbewirtschaftung, Tierhaltung, Tierernährung und Tiergesundheit.
- Förderung von Tierzucht- und Managementmaßnahmen in der Tierhaltung.
- Dialog und Wissenstransfer mit Experten der Länder.
- Monitoring der Klimaveränderungen zur Förderung des Verständnisses für die Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen.
- Förderung von Innovationen in der Pflanzenzüchtung im Innovationsprogramm.

Im Bereich der Pflanzenzüchtung sollten im Hinblick auf die Anpassung an Klimaänderungen, der Nährstoffbilanz der Kulturpflanzen, der Resistenzeigenschaften und der Qualitätseigenschaften Innovationen gefördert werden. Dabei sollte auch die Steigerung des natürlichen Ertragspotentials und der genetischen Vielfalt der Kulturpflanzen im Anbau zur Erweiterung von Fruchtfolgen berücksichtigt werden.

Mit dem Anbau nachwachsender Rohstoffe sollte auch die Chance genutzt werden, das Spektrum der nutzbaren Pflanzenarten zu erweitern und damit über die Auflockerung der Fruchtfolgen positive Wirkungen auf die Agrobiodiversität zu erreichen.

Bund und Länder sollten Maßnahmen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung einer breiten Basis genetischer Ressourcen ergreifen, dabei sollten vorrangig in-situ, aber auch ex-situ Maßnahmen berücksichtigt werden. Im Hinblick auf mögliche Auswirkungen des Klimawandels und den Erhalt der Anpassungsfähigkeit sollte darüber hinaus der Beitrag (Eigenschaften und ökologische Zusammenhänge) der Agrobiodiversität analysiert und bewertet werden – mit dem Ziel sie zu erhalten und zu stärken.

Die Landwirtschaftsminister der EU haben Ende November 2008 eine politische Einigung über die Gemeinsame Agrarpolitik im Rahmen des sog. Gesundheitschecks erzielt. Teil der Einigung ist die Erhöhung der Modulation. Das heißt die Direktzahlungen an die Landwirte werden gekürzt und die dadurch frei werdenden Mittel in den Fonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) eingestellt. Aus diesem Fonds können u. a. Maßnahmen finanziert werden, die der EU-Landwirtschaft helfen, besser auf neue Herausforderungen und Chancen in den Bereichen Klimawandel, Wassermanagement, Schutz der biologischen Vielfalt und Erzeugung von Bioenergie zu reagieren<sup>8</sup>.

### **3.2.7. Wald- und Forstwirtschaft**

Das natürliche Vorkommen der Baumarten wird durch den Standort als Faktorenkomplex aus v. a. Klima, Boden und Wasser bestimmt. Die Wälder sind in der Vergangenheit durch den Menschen beeinflusst und in der Struktur verändert worden. Diese Waldökosysteme haben sich dabei dennoch ständig an die Umweltbedingungen angepasst. Ausmaß, Richtung und Geschwindigkeit des aktuellen Klimawandels drohen nun allerdings die Anpassungsfähigkeit der Wälder zu überfordern. Mit zunehmender sommerlicher Wärme und der steigenden Dauer von Trockenphasen geraten die Wälder unter Hitze- und Trockenstress. Besonders gefährdet sind auch hier die trockenen bzw. wärmeren Regionen Ost- und Südwestdeutschlands sowie generell schlecht wasserversorgte Standorte oder aus anderen Gründen wenig angepasste Bestände. Zudem kann die Gefahr durch Waldbrände steigen.

Gleichzeitig verstärkt sich bei erhöhtem Stress das Risiko von Verlusten durch Schädlinge, wie z. B. dem Borkenkäfer. Massenvermehrungen bestimmter Schädlinge wie Nonne oder Maikäfer könnten häufiger auftreten, bisher unbedeutende oder unbeachtete Schädlinge zunehmen.

<sup>8</sup> [http://ec.europa.eu/agriculture/healthcheck/index\\_de.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/healthcheck/index_de.htm)

Vom Klimawandel besonders betroffen könnten die Bergwälder der Alpen sein. Hier könnte sich der Klimawandel stärker auswirken als im Flachland. Zugleich könnte hier auch das Risiko für Naturgefahren (Starkniederschläge, Muren, Hochwasser, Steinschlag) deutlich zunehmen. Die Bedeutung des Waldes für den Schutz von Siedlungen und Infrastruktur könnte dadurch noch steigen.

Eine rechtzeitige Anpassung der Wälder an den Klimawandel ist erforderlich, um das künftige Risiko für zunehmende Kalamitäten und damit verbundene Störungen des Holzmarktes und der Waldfunktionen zu verringern. Die Waldeigentümer sollten den Waldumbau von Reinbeständen in standortgerechte, risikoarme Mischbestände voranbringen. Angepasste Wildbestände sind hierfür eine wesentliche Voraussetzung.

Der Klimawandel ist jedoch nur einer unter mehreren Stressfaktoren für den Wald. Viele Bestände weisen durch die Luftverunreinigungen, heute insbesondere den hohen atmosphärischen Stickstoffeintrag, einen schlechten Gesundheitszustand auf. Dieses Phänomen ist seit den 1970er-Jahren unter der Bezeichnung „neuartige Waldschäden“ bekannt. Die Folgen für Böden und Vegetation werden noch über lange Zeit anhalten.

Längere Vegetationsperioden durch höhere Temperaturen und der CO<sub>2</sub>-Düngeeffekt, also die Verstärkung des Pflanzenwachstums durch die höhere CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre, könnten bei ausreichender Wasser- und Nährstoffversorgung die Holzproduktion erhöhen. Im Vergleich zu den klimabedingten Stressfaktoren dürften die positiven Effekte jedoch zu vernachlässigen sein.

Empfehlungen zu einzelnen Baumarten werden derzeit noch uneinheitlich diskutiert. Bund und Länder sollten daher die Anbauempfehlungen für alle Baumarten nach Standorten differenziert unter den Aspekten des Klimawandels, der langen Produktionszeiträume und der damit verbundenen Unsicherheiten und Risiken neu bewerten. Dies alles stellt eine große Herausforderung für Forschung und Praxis dar.

Darüber hinaus sollten Bund und Länder Informationsdefizite abbauen, um die mehr als 1,3 Mio. Waldbesitzer von der Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen zu überzeugen. Aus waldbaulicher Sicht sollten möglichst stabile, gemischte Bestände angestrebt werden, die eine größere Widerstandsfähigkeit gegen großflächige Unglücksereignisse (Kalamitäten) durch beispielsweise Stürme und Borkenkäfer sowie ein größeres Anpassungsvermögen an sich ändernde Klimabedingungen haben. Bei der Wahl der Baumarten und -sorten muss darauf geachtet werden, dass sie dem Standort und seiner zu erwartenden Entwicklung angepasst sind. Neben heimischen Baumarten können Douglasie und andere fremdländische Baumarten Optionen bieten, dabei sind Aspekte des Naturschutzes zu berücksichtigen.

Waldbesitzer sollten wegen der Unsicherheit von Szenarien zu Klimaänderungen und deren Wirkungen in der langfristigen forstlichen Produktion auf eine breite Risikostreuung und eine große mögliche Variabilität der Handlungsoptionen achten.

Mittelfristig sollten die Länder die wissenschaftlichen Entscheidungsgrundlagen für einen klimangepassten Waldumbau ausbauen. Diese könnten etwa Monitoring, Aufbau und Betrieb von Versuchsflächen, Standortkartierungen, Forstpflanzenzüchtung, Provenienzforschung, und regionale Anbauempfehlungen, Erforschung von Holzerntetechniken und Holzverwendungsmöglichkeiten unter neuen klimatischen Gegebenheiten umfassen. Außerdem sollten Bund und Länder mittelfristig den Dialog und Wissenstransfer mit und zwischen Experten der Forstwirtschaft intensivieren. Im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe ‚Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes‘ (GAK) fördern Bund und Länder bereits verschiedene Maßnahmen, die der Anpassung der Forstwirtschaft an den Klimawandel dienen, zum Beispiel den Umbau von Reinbeständen in stabile Laub- und Mischbestände. Unterstützt wird der auch unter Naturschutzaspekten anzustrebende naturnahe Waldbau durch angepasste Wildbestände. Ferner bestehen schon Maßnahmen zur Vorbeugung und Bewältigung von Kalamitäten. Darüber hinaus sollten Bund und Länder

kurzfristig prüfen, ob weitere Maßnahmen erforderlich sind, etwa die Förderung des Wasserrückhalts in Gebieten mit stark negativer Wasserbilanz. Bund und Länder sollten das Umweltmonitoring in Bezug auf den Waldzustand weiterentwickeln, um Veränderungen rechtzeitig wahrnehmen zu können und noch genügend Reaktionszeit zu haben, um Maßnahmen einleiten zu können.

### **3.2.8. Fischerei**

Nord- und Ostsee unterliegen im Küstenbereich sowie in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) einer intensiven Nutzung. Hierzu gehören – neben der Schifffahrt, dem Sand- und Kiesabbau und der Windenergieerzeugung – die Fischerei und die Fisch verarbeitenden Gewerbebetriebe, die in den strukturschwachen Küstenregionen eine außergewöhnliche wirtschaftliche Bedeutung haben. Die Fischerei, mit einem hohen Anteil von Nebenerwerbsbetrieben in der Binnenfischerei als auch in der kleinen Küstenfischerei, ist traditionell in die Wirtschafts- und Lebensweise der Regionen eingebunden. So entstehen Synergien mit der Lokal- und Regionalwirtschaft – insbesondere dem Tourismus, der ein bedeutender Wirtschaftszweig in Küstenregionen ist.

In Nord- und Ostsee können Klimaänderungen mittel- und langfristig die marinen Ökosysteme und damit auch die Nutzungsmöglichkeiten verändern. Dieser Prozess hat bereits begonnen. Zu erwarten sind einerseits direkte physikalisch-chemische Auswirkungen (Ozeanerwärmung, Änderungen im Strömungssystem, Ozeanversauerung) auf Reproduktion, Wachstum und Sterblichkeit kommerziell genutzter Fischbestände und auf das Ökosystem insgesamt. Andererseits sind, überwiegend bedingt durch das Fehlen der kalten Eiswinter, zusätzlich zu den heimischen Arten bisher in südlicheren Meeresgebieten beheimatete Arten verstärkt in die Nordsee eingewandert und pflanzen sich hier teilweise fort; Beispiele sind Sardine, Sardelle und Streifenbarbe. Im Plankton und unter den Lebewesen der Bodenzone von Nord- und Ostsee treten zunehmend invasive, gebietsfremde Arten auf, die vor allem durch den Schiffsverkehr eingeschleppt werden. Möglicherweise finden diese Arten durch den Klimawandel bedingt begünstigte Verhältnisse vor.

Damit gehen Veränderungen hinsichtlich der Habitate und Nahrungsgrundlagen der Fischbestände in Nord- und Ostsee einher, die derzeit noch nicht ausreichend bewertet werden können. Ein verändertes Artenspektrum kann sich zum Beispiel über die Wechselbeziehungen zwischen eingewanderten und „einheimischen“ Arten positiv oder negativ in der Ertragsfähigkeit der kommerziellen Arten widerspiegeln (z. B. durch Nahrungskonkurrenz oder zusätzliche Nahrungsquellen). Weiterhin geht mit den Änderungen in den Verbreitungsgebieten kommerzieller Fischbestände unter Umständen eine Änderung der Erreichbarkeit für die Fischerei einher mit entsprechenden marktwirtschaftlichen Auswirkungen. Es ist zu erwarten, dass die in der Regel finanzschwache kleine Küstenfischerei besonders stark betroffen sein könnte.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Fischbestände und nicht befischte Arten sind derzeit in weiten Bereichen noch nicht vorhersagbar. Deshalb sollten größere Unsicherheitsmargen in den Bestandsprognosen der Fischereiwissenschaftler und den Entscheidungen der Fischereimanager Berücksichtigung finden. Die Bundesregierung wird sich dafür einsetzen, dass bei den abschließenden Managemententscheidungen in den entsprechenden Gremien (wie dem Fischereirat) diese Unsicherheitsmargen berücksichtigt werden. Gleichzeitig sollte die volle Reproduktionskapazität überfischter Bestände durch angepasste Fangquoten wieder hergestellt werden. Mit der Verankerung des Nachhaltigkeitsprinzips in der reformierten, gemeinsamen Fischereipolitik der EU (GFP), sowie der Einbettung der GFP in die Maritime Politik der europäischen Gemeinschaft mit ihrer Umweltsäule, der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, sind die politischen Voraussetzungen für eine unter Klimawandelaspekten nachhaltige Ausrichtung des Fischereimanagements bereits geschaffen.

Die Förderung und Entwicklung von technischen Maßnahmen zur Anpassung der Fischerei an die Auswirkungen des Klimawandels geht fast immer einher mit kurz- und mittelfristigen Gewinnreduzierungen durch Investitionen und/oder anfänglichen Ertragsausfällen aufgrund der Nutzung



neuer, d.h. sich oftmals im Versuchsstadium befindlicher Fischereimethoden. Die Experimentierfreude und die Akzeptanz der Fischer könnte durch geeignete Förderinstrumente und eine enge Kooperation mit der Wissenschaft deutlich gesteigert werden.

Die Bundesregierung wird sich in Kooperation mit den Ländern für die weitere Entwicklung geeigneter Maßnahmen zur Anpassung des Fischereimanagements an den Klimawandel sowie ihrer Umsetzung im Rahmen der GFP einsetzen. Dazu gehören:

- Alternatives/Adaptives Management
  - Langfristige Bewirtschaftungs- und Wiederauffüllpläne mit kontinuierlicher wissenschaftlicher Begleitung, Überprüfung und adaptiven Komponenten,
  - Aufwandsmanagement, Co-Management.
- Technische Maßnahmen
  - Verbesserte Fangtechniken, Selektivität der Netze erhöhen,
  - um die Wiederherstellung der vollen Reproduktionskapazitäten überfischter Bestände zu forcieren und
  - Anreize zur Vermeidung von Rückwürfen (Discard) zu schaffen (z. B. Belohnungssysteme, Echtzeit Monitoring der Fänge und zeitnahe kleinskalige Gebietsvermeidungen, sog. Echtzeitschließungen oder „real time closures“).
- Pufferkapazität der genutzten Ressourcen und der nutzenden Fischereien erhöhen durch
  - Berücksichtigung der klimawandelbedingten künftigen Änderungen einschließlich deren Unsicherheiten in Bestandsprognosen und Managementplänen,
  - Minimierung dieser Unsicherheitsmargen durch
    - gezielte Forschung an biologisch-physikalischen Schlüsselprozessen und der
    - Schaffung von Langzeitdatenserien zur Erhöhung des großskaligen Ökosystemverständnisses,
  - Wiederherstellung oder Beibehaltung der vollen Reproduktionskapazitäten der Bestände,
  - Einrichtung von Schutzzonen, die die Widerstandsfähigkeit der Bestände gegen Nutzungseinflüsse erhöhen,
  - Rücklagenbildung für klimabedingte Ausfälle/Umstrukturierungen fördern.
- Alternative Steuerungselemente für Fischerei nutzen;
  - Erschließung neuen Konsumverhaltens,
  - Verbraucherinformation verbessern; Ökozertifizierung,
  - Verzahnung Fischerei - Tourismus stärken als alternative Einnahmequelle.
- Nachhaltige Aquakulturen, v. a. mit Arten, die mit pflanzlichen Futtermitteln versorgt werden können.
- Erhalt der natürlichen Vielfalt der heimischen Fischfauna
  - Etablierung von Monitoringsystemen, die Auskunft über den Zustand der natürlichen Fischfauna (Arten, Anzahl, Verbreitung) geben, um bei negativen Veränderungen rechtzeitig Gegenmaßnahmen ergreifen zu können.
- Optimierungen in der Fischerei, durch Verbesserung der Rahmenbedingungen für die Ressourcen schonende Aquakultur.

### **3.2.9. Energiewirtschaft (Wandel, Transport und Versorgung)**

Auswirkungen der Klimaveränderungen können sich tendenziell auch auf die Energiewirtschaft in Deutschland auswirken. Ein allgemeiner Temperaturanstieg senkt wahrscheinlich zum einen den Bedarf an Heizenergie, während zum andern der Bedarf an Kühlenergie ansteigt. Extreme Wetterereignisse wie Stürme, Dürren und Hoch- und Niedrigwasser können den Betrieb von Anlagen und Einrichtungen zur Umwandlung von Energie sowie zum Energietransport und zur Energie-

versorgung beeinträchtigen. Die Folgen könnten Angebotsverknappungen, Energiepreissteigerungen und Versorgungsstörungen sein. Mögliche Auswirkungen in der Energiewirtschaft ergeben sich vor allem für das Angebot und die Nachfrage an Elektrizität und Wärme, aber auch für die Bereiche Rohstoffversorgung, Elektrizitätsübertragung und -verteilung.

Ein entscheidender Faktor für die Stromerzeugung aus thermischen Kraftwerken – wie Kohle-, Erdgas- und Kernkraftwerken – ist die ausreichende Verfügbarkeit von Kühlwasser. Daher können solche Kraftwerke in den Sommermonaten durch Niedrigwasser und höhere Wassertemperaturen des Flusswassers betroffen sein. Kraftwerke, die Kühlwasser aus dem Grundwasser (z. B. durch Sumpfung) gewinnen, könnten in langen Trockenperioden von sinkenden Wasserständen betroffen sein. Unabhängig von Kühlwasser sind lediglich Kraftwerke mit Trockenkühlung, die jedoch einen etwas geringeren elektrischen Wirkungsgrad als baulich vergleichbare Anlagen mit Kühlwassereinsatz aufweisen. Energieversorgungsunternehmen könnten künftig häufiger gezwungen sein, die Leistung flusswassergekühlter Kraftwerke zu reduzieren, um den wasserrechtlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen zu entsprechen. Alternativ müsste die Temperatur des eingeleiteten Wassers erhöht werden. Im Hitzesommer 2003 etwa erteilten Genehmigungsbehörden wasserrechtliche Ausnahmegenehmigungen, um den Betrieb von Kraftwerken sicherzustellen. Einige Kraftwerke konnten deshalb die Einleittemperatur von 28° C auf 30° C erhöhen. Solche Einleitungen beeinträchtigen jedoch die Flussökosysteme zusätzlich zur ohnehin erhöhten Wassertemperatur während einer Hitzeperiode.

Intensivere Hitzeperioden schlagen sich auch in einer verstärkten Nachfrage nach Elektrizität aufgrund intensiverer Nutzung von Klimaanlageanlagen zur Gebäudekühlung nieder. Verstärkter Schutz der Gebäude vor einer übermäßigen Erwärmung, insbesondere durch Dämmung und Außenverschattung und Minimierung innerer Wärmelasten, kann Entlastung beim Stromverbrauch bringen (s. Kap. 3.2.2.). Da wahrscheinlich nicht alle Gebäude optimal wärmegeklämt werden können, dürfte der hitzebedingte Strombedarf während der Sommerzeit insgesamt jedoch tendenziell zunehmen. In Hitzesommern wie im Jahr 2003 erhöhte sich der Stromverbrauch von Haushalten und Unternehmen durch die intensive Nutzung von Klimaanlageanlagen zur Gebäudekühlung.

Auch die zuverlässige Versorgung konventioneller Kraftwerke mit Rohstoffen könnte durch den Klimawandel beeinträchtigt werden. Bei Kraftwerken, deren Versorgung über den Schiffsverkehr erfolgt, sind Versorgungsengpässe bei längerem Hoch- oder Niedrigwasser möglich. Darüber hinaus könnten häufigere und heftigere Extremwetterereignisse wie Stürme und Blitzereinschläge Leitungsnetze beschädigen und die Elektrizitätsübertragung und -verteilung gefährden.

Klimaänderungen können sich auch auf den Ertrag und die Sicherheit von Anlagen zur Erzeugung von erneuerbaren Energien auswirken. So ist es beispielsweise möglich, dass der Ertrag der Biomassennutzung wesentlich von den Folgen des Klimawandels beeinflusst wird. Da die Beschaffenheit des Bodens insgesamt – anders als einzelne Anlagen – kaum geschützt werden kann, sollten Bund und Länder diesen Aspekt beim weiteren Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien berücksichtigen. Eine Veränderung der Niederschlagsmengen kann sich insbesondere auf Wasserkraftanlagen auswirken. Ferner ist davon auszugehen, dass die Anforderungen an die Standfestigkeit von Solar- und Windenergieanlagen angesichts drohender Starkwinde zukünftig steigen werden.

Andererseits können dezentrale und diversifizierte Erzeugungsstrukturen, die erneuerbare Energien einschließen, die Versorgungssicherheit tendenziell erhöhen, vor allem wenn sich die Erzeugungsstrukturen gegenseitig ergänzen. Dies gilt insbesondere bei Extremereignissen.

Das wachsende Feld der Energiemeteorologie erforscht, wie die Energieerzeugung aus den zeitlich und räumlich wechselnden Energieträgern Wind und Sonne an veränderte klimatische Bedingungen angepasst werden kann.

Mögliche Risiken in der Versorgung müssen ermittelt und bewertet sowie Maßnahmen zu ihrer Reduzierung eruiert werden. In einer bestehenden Arbeitsgruppe beim Bundesministerium für

Wirtschaft und Technologie (BMWi) „Krisenvorsorge in der Stromwirtschaft“ diskutieren Bund und Länder gemeinsam mit der Energiewirtschaft verschiedene Krisenszenarien und die im Rahmen der Vorschriften des Energiewirtschaftsgesetzes und des Energiesicherungsgesetzes möglichen Maßnahmen. Die Entwicklung von Strategien zu Klimafolgen und Anpassung an Klimaänderungen im Bereich Energiewirtschaft ist allerdings im Wesentlichen von der Energiewirtschaft selbst zu leisten. Bund und Länder können dabei ggfs. Hilfestellung leisten, Kenntnisse einbringen sowie ordnungspolitische Akzente setzen.

Die Energieversorgungsunternehmen treffen heute schon in Eigenverantwortung Vorsorge gegen extreme Wetterereignisse, z. B. durch

- den im europäischen Vergleich hohen Anteil von Kabelstrecken als Schutz gegen Starkwind,
- Notwasseranschlüsse für Kraftwerke, falls im Sommer wegen Trockenheit die Flusswasserkühlung nicht mehr möglich ist,
- Verstärkung des Abwassernetzes in zentralen Anlagen der Energiewirtschaft zur verbesserten Abführung von Regenwasser als Schutz gegen Starkregen,
- Bildung von Krisenstäben, um bei extremen Wetterereignissen eine schnelle Reaktion auf Schäden und Ausfälle möglich zu machen.

### 3.2.10. Finanzwirtschaft

Die Finanzwirtschaft agiert in international vernetzten, globalisierten Märkten. Daher ist die Branche, insbesondere die Versicherungswirtschaft, nicht nur von regionalen, sondern auch von globalen Klimaänderungen und deren Folgen betroffen. Darüber hinaus muss sie sich auf die zu erwartenden Reaktionen von Politik und Gesellschaft auf die Klimaänderungen einstellen. Diese Reaktionen werden das wirtschaftliche Umfeld und die staatliche Regulierung verändern und somit einerseits zusätzliche Risiken hervorrufen, aber andererseits auch erhebliche neue Chancen herausbilden.

Global beobachtet man in den letzten Jahrzehnten eine starke Zunahme der volkswirtschaftlichen Schäden infolge extremer Naturereignisse mit entsprechender Zunahme der Versicherungsschäden. Neben der Intensität und Häufigkeit solcher Ereignisse ist für die Höhe des Schadens entscheidend, wo das Extremereignis auftritt und wie stark etwa Anlagen exponiert sind. Im Rekordjahr 2005 verursachten durch Naturereignisse hervorgerufenen Katastrophen weltweit volkswirtschaftliche Schäden in Höhe von etwa 210 Milliarden Euro und versicherte Schäden in Höhe von rund 96 Milliarden Euro. Ein wichtiger Faktor für die Zunahme der Schäden ist das Bevölkerungswachstum, vor allem in Großstädten mit exponierten Risikolagen wie Küstenregionen; ein weiterer Faktor ist die generelle Zunahme der versicherten Werte. Doch diese beiden Faktoren reichen nach Angaben der Münchener Rückversicherung nicht aus, um den Anstieg der Schäden durch Naturkatastrophen auf mehr als das Dreifache innerhalb von fünf Jahrzehnten und den noch weit größeren Anstieg der dadurch verursachten Schadenbelastungen der Versicherer zu erklären.

Die langfristige Sicherheit bestehender Investitionen wie etwa Anlagen wird auch von graduellen Veränderungen des Klimas betroffen sein. Insbesondere Akteure, die über Investitionen mit besonders langen Planungszeiträumen entscheiden, wie zum Beispiel institutionelle Investitionen oder Pensionsfonds, bewerten bereits heute die Risiken etwa von Infrastrukturprojekten oder Kraftwerksbauten in allen Teilen der Welt neu.

Auf der Anlagenseite der Banken und Versicherungen ist ein aktives Management der Risiken und Chancen erforderlich. Dies gilt sowohl für die direkten physischen Risiken des Klimawandels, aber auch für die Risiken, die sich aus der veränderten politischen, regulativen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ergeben. Die staatlichen Aufsichtsbehörden von Bund und Ländern müssen verstärkt darauf achten, ob die verwendeten Risikomodelle noch ausreichen, die finanzielle Stabi-

lität der Versicherungen und Banken zu gewährleisten. Die US-amerikanische National Association of Insurance Commissioners hat zu diesem Zweck bereits eine „Climate Change and Global Warming (EX) Task Force“ eingerichtet.

Es wird damit gerechnet, dass in Zukunft die Nachfrage nach Sachversicherungen, die Schäden durch Naturgefahren abdecken, tendenziell steigt. Teilweise wird es für Versicherer jedoch unmöglich werden, auf Basis existierender Instrumente und Geschäftsmodelle, bestimmte Risiken in hochgefährdeten Regionen überhaupt zu versichern. Eine weitere Möglichkeit der Risikoabsicherung stellen Finanzmarktprodukte dar, die es ermöglichen, Klimarisiken von Unternehmen oder Ländern auf den Kapitalmarkt zu übertragen (zum Beispiel Wetterderivate, Catastrophe Bonds oder GDP-linked bonds, also Brutto-Inlandsprodukt-indexierte Anleihen).

Die Versicherungswirtschaft kann bereits jetzt Kunden und Behörden über klimarelevante Zusammenhänge aufklären und durch entsprechende Vertragsgestaltung finanzielle Anreize schaffen - unter Umständen auch durch Einschränkung des Deckungsumfangs. Weiterhin können Ökoaudits in der Umwelthaftpflichtversicherung genutzt und generell Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekten vermehrt bei Vermögensanlagen berücksichtigt werden.

Eine besondere Bedeutung kommt dem prospektiven statt retrospektiven Underwriting zu, also die Einbeziehung künftiger Schadenstrends in die Festsetzung der Versicherungsprämie statt deren Ermittlung allein aus der Schadenvergangenheit. Eine nachhinkende Prämienentwicklung führt zu steigenden Verlusten, ein prospektives Underwriting dagegen trägt den Entwicklungen der Zukunft Rechnung.

Im Bereich der Vermögensanlage kann ein konzertiertes Kommunikations- und Weiterbildungsprogramm das Verständnis der Chancen und Risiken des Klimawandels befördern und Unternehmen, Branchen und Sektoren systematisch nach physikalische Risiken und Chancen der Klimaänderung evaluieren. Weiterhin sollten der Bund gemeinsam mit Banken und Versicherungen in einen intensiven Dialog der Interessensgruppen (Stakeholder) mit Wissenschaft, und Zivilgesellschaft eintreten.

Finanzielle Risiken aus der Änderung von Klimaparametern können auch in der kaufmännischen Rechnungslegung eine Rolle spielen, zum Beispiel im Lagebericht im Rahmen des Jahresabschlusses.

Ein besonderes Problem besteht darin, dass es die Regeln von Basel II (Vorschriften zu Eigenkapital und Risikomanagement) den Banken verbieten, andere als historische Daten als Grundlage für ihr Risikomanagement zu verwenden. Innovative Verfahren, die unterschiedliche Szenarien über eine zukünftige Entwicklung berücksichtigen - wie beispielsweise das Bayesianische Risikomanagement - können deshalb bisher in der Praxis nur eingeschränkt aufgegriffen werden. Der Bund wird hier in internationalen Abstimmungen aktiv werden.

In bestimmten Bereichen der Versicherung könnte der Staat die Angebote der Finanzwirtschaft zukünftig ergänzen, wenn Risiken aus ökonomischen Gründen nicht mehr von der Privatwirtschaft getragen werden können. Dies kann entweder daran liegen, dass die betroffenen Personen nicht die erforderlichen Prämien aufbringen können oder dass die möglichen Schadenssummen zu groß sind. Diese Ergänzungen könnten in verschiedener Form angeboten werden, zum Beispiel als Pflicht-Elementarschadenversicherung oder als staatliche Fonds-Lösung. Sie kann aber in jedem Fall nur das letzte Mittel sein. Entsprechende Ansätze sind wiederholt verfolgt worden, insbesondere in Folge von Flutkatastrophen wie des Oder-Hochwassers 1997. Der Bund wird hierzu – in Absprache mit den Ländern – eine neue Initiative starten.

### *Laufende Aktivitäten*

Das **Carbon Disclosure Project** (CDP) bietet ein Forum für die Zusammenarbeit zwischen Investoren und Unternehmen in Fragen des Klimawandels. Im CDP sind ca. 300 institutionelle Investoren vereint, darunter auch große deutsche Finanzdienstleister. Basierend auf der Befragung von Unternehmen stellt das CDP den Investoren Informationen über unternehmensspezifische Treibhausgasemissionen und Unternehmensstrategien zum Umgang mit den physikalischen Risiken des Klimawandels zur Verfügung. Durch die CDP-Datenbank sind diese Informationen vergleichbar und schaffen einen zusätzlichen Nutzen für Investoren. 2007 fand die fünfte internationale Umfrage statt; deutsche Unternehmen nahmen das zweite Mal teil.

Versicherungen können eine wichtige Rolle in der Anpassung an Klimaänderungen spielen. In der **Munich Climate Insurance Initiative** (MCII) haben sich Versicherer, Rückversicherer, Umweltverbände und Wissenschaftler zusammengeschlossen, um Strategien der Versicherungen im Umgang mit den Risiken des Klimawandels zu finden.

Das „**Finanz-Forum: Klimawandel**“ (FFKw) fokussiert darauf, wie Klimaschutz (Mitigation) und Klimaanpassung (Adaptation) mithilfe von Forschung und Innovationen bewältigt werden können. Das Forum wurde auf Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) eingerichtet (s. auch Kap. 5.2.).

### **3.2.11. Verkehr, Verkehrsinfrastruktur**

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

Klimawandelbedingt häufigere oder stärkere Niederschläge beeinträchtigen den Verkehr z. B. durch schlechte Sichtverhältnisse und nasse Fahrbahnen. Hangrutsche und Unterspülungen führen z. B. zur Destabilisierung und Zerstörung von Straßen- und Bahntrassenabschnitten. Stürme können direkt zu Behinderungen führen oder über Windwurf Straßen, Gleise und Stromleitungen schädigen. Durch Hitzewellen in den Sommermonaten können die Unfallzahlen steigen, da bei hohen Temperaturen i. d. R. die Konzentrationsfähigkeit sinkt.

Lang anhaltende Hitze schadet auch der Straßeninfrastruktur. Hohe Oberflächentemperaturen weichen den Straßenbelag auf, sodass wenn Fahrzeuge darüber fahren, Spurrillen entstehen und die Straßen langfristig Schäden nehmen. Die Auswirkungen von Hitze und vermehrten Niederschlägen, die möglicherweise infolge des Klimawandels eintreten, werden für die Bundesfernstraßeninfrastruktur allerdings als beherrschbar eingeschätzt, denn modifizierte Baustoffe können Straßen zukünftig hitzebeständiger machen und ergiebigere Niederschläge lassen sich durch vergrößerte straßeneigene Entwässerungssysteme ableiten. Bei steigenden Temperaturen im Winter als Folge des Klimawandels werden möglicherweise Frostschäden an Straßen und Brücken seltener und in geringerer Höhe auftreten sowie Unfallgefahren aufgrund von Schnee- und Eisglätte auf Straßen abnehmen. Hier wird es darauf ankommen, durch sorgfältiges Monitoring die gegenläufigen Auswirkungen zu beobachten.

Der Bund wird prüfen, ob und ggfs. inwieweit die Infrastruktur der Bundesfernstraßen mittelfristig mit modifizierten Baustoffen an verlängerten Hitzeperioden und die Dimensionierung der Entwässerungsinfrastruktur an ergiebigere Niederschläge angepasst werden sollte. Der Bund (insbesondere das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) wird die einschlägigen Vorschriften zur Dimensionierung der Entwässerungsinfrastruktur erforderlichenfalls anpassen.

Im Schienenverkehr betreffen die möglichen Folgen des Klimawandels vor allem die Infrastruktur. Direkt durch Sturm gefährdet sind hoch ragende Anlagen der Stromversorgung sowie Signale. Gegen umstürzende Bäume muss insbesondere vorgesorgt werden, etwa indem sie zurück geschnitten werden. Bei der Anpassung des rechtlichen Rahmens muss beachtet werden, dass viele solcher Bäume auf Privatgrund stehen. Auch Hoch- und Niedrigwasserperioden wirken sich auf den Schienenverkehr aus. Hier besteht vor allem Gefahr durch die Überschwemmung von Bahnanlagen, vor allem in Gebieten mit geringen Höhendifferenzen zwischen Schienen und Wasserflächen. Forschungsbedarf besteht insbesondere darin, ob hohe Temperaturen neue Instandhaltungstechnologien erforderlich machen, also ob etwa die inneren Spannungen bei lückenlos verschweißten Schienen gefährlich ansteigen könnten. Gleiches gilt für Maßnahmen zur Klimatisierung von Fahrzeugen und Gebäuden.

Um einer möglicherweise steigenden Gefahr von Wald- und Böschungsbränden vorzubeugen, ist ggfs. der Bewuchs z. B. durch entsprechende Bewirtschaftungsformen im Umfeld von Bahnanlagen in Zusammenarbeit mit Forstbehörden der klimatischen Entwicklung anzupassen.

Der Luftverkehr ist aktuellen Analysen zufolge nur bedingt von möglichen Klimaänderungen betroffen. Allerdings müssen Betriebsabläufe an Flughäfen und bei der Flugsicherung unter Umständen an häufigere Extremwettersituationen angepasst werden.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Seeschifffahrt in der Nord- und Ostsee müssen sowohl regional als auch großräumig betrachtet werden, denn die Häfen dieser beiden Meere sind über Seewege weltweit vernetzt. Es ist wichtig, Sicherheit und Betriebsabläufe des Schiffsverkehrs im Hinblick auf die möglichen Auswirkungen des Klimawandels zu gewährleisten, da Prognosen zum Umschlagaufkommen deutscher Seehäfen ein erhebliches Wachstumspotenzial anzeigen. Zu einer verbesserten Anbindung der Seehäfen an das Binnenland können noch freie Kapazitäten der Binnenwasserstraßen – auch unter Entlastung anderer Verkehrsträger wie der Straße - beitragen.

Klimaänderungen, und damit Veränderungen der Luft- und Wassertemperatur, des Niederschlages, der Eisbedeckung, des Wasserstandes, der Windstärke, der Windrichtung oder des Seegangs, haben unmittelbaren Einfluss auf Seeschifffahrt und Seeschifffahrtsstraßen. Insbesondere sind Veränderungen im Zusammenhang mit Extremwetterereignissen von Bedeutung.

Seeschiffe und Navigation hängen ebenso wie Ausbau, Unterhalt und Betrieb der Seeschifffahrtsstraßen von den ozeanografischen, hydrologischen und meteorologischen Bedingungen in der offenen See und in der Küstenzone ab. Durch den prognostizierten Meeresspiegelanstieg sind u. a. Häfen und andere maritime Infrastruktur betroffen. Es ergeben sich ebenfalls Veränderungen der Strömungen, Erosion und Sedimentation in den Ästuaren und Seeschifffahrtsstraßen, die näher untersucht werden müssen. Für die Schifffahrt könnten sich aber auch neue Schifffahrtswege eröffnen, wie z. B. die arktischen Seewege, deren optimale Nutzung frühzeitig überprüft und koordiniert werden muss.

Es ist zu überprüfen, ob aus den klimabedingten Veränderungen Anpassungen des Überwachungs- und Beratungsaufwandes, der Vorhersage- und Warndienste, des Risikomanagements, des Notfall- und Rettungswesens, schiffstechnische Maßnahmen, Ausbaumaßnahmen oder Anpassungen an der maritimen Infrastruktur notwendig werden.

Die Nutzbarkeit der Binnenschifffahrtsstraßen hängt entscheidend von der meteorologischen und hydrologischen Situation im Flusseinzugsgebiet der Wasserstraße ab. Wichtigste Größe ist die im Wasserkreislauf zur Verfügung stehende, nutzbare Wassermenge (Wasserdargebot) im Einzugsgebiet der Binnenwasserstraßen. Seine Höhe und seine jahreszeitliche Verteilung bestimmen die Abfluss- und Wasserstandsverhältnisse der Flüsse. Die Wasserstände in deutschen Flüssen variieren schon immer beträchtlich. Im Zuge des Klimawandels könnten diese Schwankungen zunehmen.

Folgenabschätzungen von Klimaänderungen fokussieren sowohl auf längerfristige Veränderungen des Wasserdargebots (Mittelwerte) als auch auf eine Zunahme von Schwankungen (Variabilität und Extreme), die sich auf Wasserstände und Abflüsse und damit auf die Schiffbarkeit der Flüsse auswirken können.

Hinsichtlich der klimabedingten Betroffenheit von Binnenwasserstraßen werden Kanalstrecken (24% des deutschen Wasserstraßennetzes) und staugeregelte Abschnitte von frei fließenden Wasserstraßen unterschieden. Im Bereich der Kanalstrecken und staugeregelten Abschnitte der Binnenwasserstraßen sind längerfristige Veränderungen des Wasserdargebotes entscheidender als eine Zunahme von Schwankungen, da hier die Wasserstände durch Bewirtschaftungsmaßnahmen stabil gehalten werden können.

Frei fließende Wasserstraßen sind in extremen Niedrigwasser- und Hochwasserperioden nur eingeschränkt oder gar nicht für Fracht- und Fahrgastschiffe nutzbar. Ohne geeignete Anpassungsmaßnahmen könnten häufigere Extremwasserstände die Zuverlässigkeit und Sicherheit der Binnenschifffahrt auf diesen Strecken sowie die Wettbewerbsfähigkeit insbesondere von massengutabhängigen Branchen – als den Hauptnutzern des Transportwegs Wasserstraße – beeinträchtigen. Zudem hätten veränderte Abflussverhältnisse auch Einfluss auf Sedimente (Morphodynamik), das Fließgewässer-Aue-System, die Ökologie und die Gewässergüte sowie auf die künftige Unterhaltung der Wasserstraßen. Gegenwärtig werden in alle Unterhaltungs- und Ausbauvorhaben an den Bundeswasserstraßen die jeweils aktuell verfügbaren und gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnisse zu den Auswirkungen des Klimawandels einbezogen. Jedoch sind die bisher möglichen Aussagen zur künftigen regionalen Entwicklung des Wasserdargebots noch mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Deshalb gilt es zunächst die Bandbreite von Unsicherheiten gezielt zu verringern, um mittelfristig verlässlichere Aussagen zur Entwicklung des Wasserdargebots machen und daraus konkrete Auswirkungen für die Wasserstraßeninfrastruktur und die Schifffahrt ableiten zu können. Zur Entwicklung belastbarer Anpassungsstrategien und -maßnahmen für die Schifffahrt und Wasserstraßen hat das BMVBS das Forschungsprogramm KLIWAS eingeleitet.

### **3.2.12. Industrie und Gewerbe**

Die Anpassung an den Klimawandel birgt auch Chancen für innovative Unternehmen. So wurden in Deutschland seit den 1980er-Jahren in vielen Branchen wassersparende und abwasserfreie Verfahren entwickelt und umgesetzt. Damit machen sich besonders die wasserintensiven Chemie-, Papier- und Textilienindustrien unabhängiger von Wasser als Rohstoff und Kühlmittel. In trockeneren Regionen wird dieser Trend in Zukunft möglicherweise noch wichtiger. Geänderte Außentemperaturen können sich auf die Energiebilanz auswirken, die zum Beispiel Wärme und Kälte benötigen oder Abwärme vor Ort nutzen. Viele Unternehmen können den Herausforderungen durch Forschung, technische Neuerungen, Infrastrukturanpassungsmaßnahmen und andere Investitionen begegnen.

Eine Anpassung an den Klimawandel findet bereits in vielen Regionen der Welt statt. Es bieten sich deshalb nicht nur im Inland neue Chancen für Umwelttechniken - auch solche zur Anpassung an Klimaänderungen - sondern auch im Export und in der internationalen Zusammenarbeit. Denn deutsche Unternehmen sind in vielen der innovationsträchtigen Sektoren gut aufgestellt. Innerbetriebliches Wassermanagement und Kreislaufwasserbehandlung mit Wertstoffrückgewinnung sind ein Beispiel. Chancen ergeben sich auch für die Bauindustrie durch den Einsatz neuer Materialien und Dämmtechniken. Wenn Industrie und Gewerbe die bereits vorhandenen Informationen über den Klimawandel und dessen Folgen in ihren Geschäftsmodellen berücksichtigen, können sie Chancen nutzen.

Neben Chancen birgt der Klimawandel jedoch auch Risiken für die Unternehmen. Besonders häufigere Extremwetterereignisse wie Starkniederschläge, Dürren, Stürme, Tornados, Sturmfluten oder Hochwasser könnten Industrie- und Gewerbeanlagen und deren Betrieb unmittelbar betref-

fen. Daneben kommen Betriebseinschränkungen durch wetterbedingte Unterbrechungen der vor- oder nachgelagerten Beschaffungs- oder Absatzwege einschließlich der Verkehrswege in Betracht.

Extremereignisse stellen nicht nur Risiken für die Beschäftigten sondern auch für die Umwelt dar, soweit aus Anlagen gefährliche Stoffe freigesetzt werden könnten. Für Industrieanlagen, in denen gefährliche Stoffe in höheren Mengen gelagert werden oder zum Einsatz kommen, gelten bereits heute grundsätzliche Sicherheitsanforderungen gegen Gefahren der Überschwemmung oder andere Extremwetterereignisse. Dabei sind die betrieblichen Sicherheitsmanagementsysteme im Hinblick auf die möglichen Extremwetterereignisse regelmäßig zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Anpassung bedeutet in diesem Zusammenhang, sich rechtzeitig auf die geänderten Eintrittswahrscheinlichkeiten und potenziellen Schäden der Auswirkungen des Klimawandels einzustellen.

Die **Kommission für Anlagensicherheit** (KAS) (§ 51 a BImSchG) hat zur Aufgabe, Möglichkeiten zur Verbesserung der Anlagensicherheit aufzuzeigen und entsprechende Regeln vorzuschlagen. Diese Regeln sollen dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen und vorhandene Standards berücksichtigen, die für andere Schutzziele aufgestellt wurden. Der KAS-Arbeitskreis „Umgebungsbedingte Gefahrenquellen“ begleitet Forschungsvorhaben, die Vorschläge für sicherheitstechnische Regeln zu den Gefahrenquellen Wind, Extremniederschläge und Hochwasser erarbeiten.

Bezüglich der Anlagensicherheit sind insbesondere anzupassen:

- die statische Auslegung von Störfallanlagen an häufigere und stärkere Stürme,
- der betriebliche Schutz gegen Extremniederschläge und Hochwasser,
- die Alarm- und Gefahrenabwehrplanung,
- das Sicherheitsmanagement sowie
- die rechtlichen und technischen Vorschriften.

Der Anpassungsprozess sollte durch eine Kommunikationsstrategie begleitet werden um den Bedarf von eigenverantwortlichem Handeln der Industrie aufzuzeigen.

Wetterbedingte Unterbrechungen der Beschaffungs- und Absatzwege einschließlich der Verkehrswege können unter Umständen zu kostspieligen Unterbrechungen in der Produktion führen. Längerfristige Unterbrechungen können Industrieunternehmen treffen, die große Mengen an Rohstoffen benötigen oder ihre Produkte verschiffen. Schon kurzfristige Unterbrechungen können die gesamte moderne ‚Just-In-Time-Produktion‘ treffen, die über große Entfernungen hinweg zuverlässige, berechenbare Transportketten über Straßen, Schienen, Luft- oder Wasserwege benötigt. Störungen der Wasser- und Stromversorgung oder Telekommunikation können schließlich fast alle Arten von Unternehmen zwingen, ihren Betrieb zeitweise einzustellen.

Eine Zunahme von Witterungsextremen könnte auch die Ertragssicherheit bei landwirtschaftlichen Produkten (s. Kap. 3.2.6.) gefährden. Dies könnte neue Anforderungen an Betriebe stellen, die nachwachsende Rohstoffe verarbeiten, da sie stärker als bisher die Abhängigkeit von Lieferanten für einen Rohstoff nur aus einer oder wenigen Regionen vermeiden müssten. Für Industriestandorte ist ebenso wie bei der Energiewirtschaft die zuverlässige Versorgung mit Rohstoffen bedeutsam. Es muss gegebenenfalls vorgesorgt werden, falls Verkehrsträger wie Straße, Schiene oder Wasserstraßen witterungsbedingt nicht zur Verfügung stehen. Für bestehende oder geplante Industriestandorte sind national wie international die Auswirkungen des Klimawandels zu berücksichtigen, zum Beispiel die Folgen eines zu erwartenden Anstiegs des Meeresspiegels in küstennahen Gebieten. Dabei ist für Unternehmen neben tatsächlichen Schadensereignissen auch ein möglicherweise zunehmender Planungsbedarf für künftige Entscheidungen zu erwarten.



Viele deutsche Unternehmen haben inzwischen weltweit eigene Standorte und Zulieferer, die gegebenenfalls stärker von den Folgen des Klimawandels betroffen sein könnten als Anlagen in Deutschland. Daher können die Folgen des Klimawandels zu einem Entscheidungskriterium von Relevanz für die internationalen Standortentscheidungen der Industrie werden. Staaten, in denen die Folgen begrenzt bleiben und in denen eine gezielte sowie wirksame Anpassungspolitik betrieben wird, könnten bei Standortentscheidungen gegenüber denjenigen Staaten vorgezogen werden, in denen entscheidende Folgen wie etwa ein Zusammenbruch der Wasserversorgung nicht auszuschließen sind.

Die Bundesregierung wird in Zusammenarbeit mit den Ländern und Wirtschaftsverbänden die künftige Entwicklung und die Einflüsse all dieser Faktoren auf Industrie und Gewerbe vertiefend untersuchen.

### 3.2.13. Tourismuswirtschaft

Der globale Klimawandel könnte nach Einschätzung der Tourismusorganisation der Vereinten Nationen (UNWTO) langfristig das Reiseverhalten weltweit spürbar verändern. Er könnte einerseits den Tourismus in zahlreichen Zielgebieten gefährden und andererseits die Tourismusströme verlagern. Größere Veränderungen im Reiseverhalten könnten erhebliche Auswirkungen auf die Wirtschafts- und Sozialstruktur in den Zielländern haben, beispielsweise bei Unterküften, im Verkehr und in der sozialen Infrastruktur der betroffenen Reiseziele. Neben den unmittelbaren Auswirkungen auf die touristische Infrastruktur könnten Extremwetterereignisse auch potenzielle Besucher von einer Reise in die betroffene Region abhalten.

Extreme Wetteränderungen können sich auf die erwarteten Zahlungsströme der Unternehmungen auswirken und höhere Fremd- und Eigenkapitalkosten nach sich ziehen. Hier ist zu prüfen, ob die bestehenden finanzwirtschaftlichen oder versicherungswirtschaftlichen Instrumente geeignet sind, künftige Auswirkungen des globalen Klimawandels ausreichend zu adressieren.

Direkt vom Klimawandel betroffen ist vor allem das ökonomisch bedeutsame Segment des Wintersports. Besonders in den tieferen Lagen der Alpen und den deutschen Mittelgebirgen ist bereits in den letzten 50 Jahren ein deutlicher Rückgang der Schneesicherheit zu beobachten. In Zukunft ist damit zu rechnen, dass in den Alpen nur noch in Höhen über etwa 1.500 m, in den Mittelgebirgen in Lagen über 800 – 1.000 m Wintersport zu betreiben ist.

Die Beschneigung mit Schneekanonen zur Erhöhung der Schneesicherheit und Saisonverlängerung könnte bei steigenden Temperaturen in tieferen Lagen künftig nicht mehr möglich sein.

Wegen dieser Entwicklung ist mit einer Konzentration des Skitourismus auf die ökologisch besonders sensiblen höheren Lagen der zentralen Alpen zu rechnen. Deshalb kommt dem Angebot von alternativen Aktivitäten (Wandern, Kulturreisen, Wellnessaufenthalte) eine wichtige Rolle zu. Auch für die Küstenregionen werden vielfältige Auswirkungen des Klimawandels erwartet.

Andererseits können veränderte klimatische Bedingungen der Tourismusindustrie aber auch neue Möglichkeiten eröffnen, beispielsweise durch steigende Besucherzahlen in der bisherigen Nebensaison oder Verlagerungen der Tourismusströme von südlichen in nördliche Regionen. Bisher verbringen viele Deutsche den Sommerurlaub im Mittelmeerraum. Der Urlauberstrom von Mittel- und Nordeuropa nach Südeuropa stellt mit 116 Millionen Ankünften weltweit die wichtigste touristische Bewegung dar und trägt 41 % zum innereuropäischen Tourismus bei. Da in Südeuropa in Zukunft während der Hauptsaison häufiger damit gerechnet werden muss, dass die Lufttemperatur Tageshöchstwerte von 40° C und mehr erreicht, müssen die Reisenden mit verstärktem Hitzestress rechnen, der insbesondere das Befinden älterer Menschen und Kinder beeinträchtigen kann. In Deutschland dagegen können steigende Temperaturen und geringere Niederschläge im Sommer den Tourismus eher begünstigen, beispielsweise durch eine verlängerte Sommersaison. Das Potsdam-Institut für Klimaforschung geht davon aus, dass Deutschland als Reiseland attraktiver wird. Schätzungen zufolge könnten 25 bis 30 % mehr Touristen nach Deutschland kommen.

Allerdings könnten in Zukunft auch in Deutschland die Sommertemperaturen – zumindest in einzelnen Jahren – in Bereiche steigen, die für bestimmte Tourismusbranche nachteilig sind.

Um Handlungsempfehlungen geben zu können, fördert die Bundesregierung gegenwärtig das Projektvorhaben „**Klimatrends und nachhaltige Tourismusentwicklung in Küsten- und Mittelgebirgsregionen**“ (KUNTIKUM). Das Forschungsprojekt wird vom Institut für Umweltkommunikation an der Universität Lüneburg durchgeführt. Es untersucht, wie sich der Tourismus als besonders wetter- und klimasensibler Wirtschaftsbereich an die Auswirkungen des Klimawandels anpassen kann. In dem Verbundprojekt arbeiten Vertreter der Tourismuswirtschaft und der Tourismuspolitik mit Wissenschaftlern aus den Wirtschaftswissenschaften, der Nachhaltigkeits- und der Klimaforschung zusammen. Um die Erfahrungen aus den Untersuchungsregionen (Nordseeküste und Schwarzwald) auch für andere Tourismusregionen nutzbar zu machen, soll aus dem Projekt zudem eine Informations- und Kommunikationsplattform erwachsen, die auch ein Weiterbildungsmodul enthält.

### **3.2.14. Querschnittsthemen: Raum-, Regional- und Bauleitplanung sowie Bevölkerungsschutz**

#### **Raum-, Regional- und Bauleitplanung**

Die Raum-, Regional- und Bauleitplanung stehen am Anfang der Risikovermeidungskette, da sie räumliche Vorsorgekonzepte entwickeln, die Planungsdokumente hohe Bestandsdauer und rechtliche Verbindlichkeit besitzen und bis zur praktischen Umsetzung der Planinhalte teilweise lange Vorlaufzeiten entstehen. Der räumlichen Planung kommt dabei die wichtige Aufgabe zu, verschiedene Ansprüche an den Raum miteinander zu vereinbaren.

Räumliche Planung kann mit den bereits bestehenden rechtlichen und planerischen Instrumenten sowohl Klimaschutz als auch Anpassung unterstützen. Möglicherweise häufiger auftretende Naturgefahren können dazu führen, dass natürliche Ressourcen nur noch eingeschränkt genutzt werden können. Gleichzeitig besteht ein hoher Nutzungsdruck da Anpassungsmaßnahmen oft ebenfalls Raum beanspruchen. Die Raumplanung kann mit der Entwicklung von Leitbildern für anpassungsfähige und belastbare (resiliente) Raumstrukturen eine Vorreiterrolle übernehmen, die gegenüber den Auswirkungen aller gesellschaftlichen Veränderungsprozesse auf die Raumstruktur robust und flexibel reagiert.

Für den Klimaschutz ist räumliche Planung bereits ein bewährtes Instrument. So weist etwa die räumliche Planung Eignungsgebiete für Windkraftanlagen aus oder legt Flächen für Photovoltaikanlagen fest und stimmt diese mit anderen Nutzungsansprüchen wie Wohnen, Erholung, Tourismus, Naturschutz, Landwirtschaft oder der nachhaltigen Gewinnung einheimischer Rohstoffe umfassend ab. In Städten und Ballungsräumen sorgt die räumliche Planung – gegebenenfalls zusammen mit der Landschaftsplanung – für zusammenhängende, nicht bebaute Gebiete (Grünzüge) und Frischluftschneisen, die vor allem einer Überwärmung im Sommer vorbeugen helfen. Während Siedlungen und Gebäude in jüngster Zeit im Rahmen der Bauleitplanung und Objektplanung häufig im Hinblick auf maximale Sonneneinstrahlung optimiert werden, was im Winter energetisch von Vorteil sein kann, muss auch die Planung künftig noch stärker nach Lösungen zur Vermeidung einer übermäßigen Erwärmung von Gebäuden und Erholungsflächen im Sommer suchen.

In Bezug auf die Anpassung sind die Instrumente der räumlichen Planung vor allem für die Umsetzung des integrativen Ansatzes von großer Bedeutung:

### **Risikovorsorge durch die Anpassung an die erwartete Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Extremwetterlagen**

- In Flussgebieten ist der Schutz gegen zunehmende Hochwasserrisiken sowohl durch passive Sicherungsmaßnahmen (insbesondere Freihaltung von Bebauung) als auch durch aktive Abflussregulierung zu verstärken.

Die Raumordnung kann durch Festlegung von Überschwemmungsbereichen, i. d. R. als Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für den Hochwasserschutz (jenseits der im Wasserrecht geforderten Festsetzung von Überschwemmungsgebieten), vorhandene Abfluss- und Retentionsflächen stringent sichern sowie planerisch Vorsorge für deren erforderliche Ausweitung treffen, und dabei auf das Risiko eines 200-jährlichen Hochwasser abstellen. Die Raumordnung setzt sich dafür ein, in regionaler und überregionaler Abstimmung bis zum Jahr 2020 eine erhebliche Ausweitung der Retentionsflächen zu erreichen und dabei alle vorhandenen Potenziale weitgehend auszuschöpfen, um dem wachsenden Hochwasserrisiko auf Dauer wirksam zu begegnen.

Ein wirksames ergänzendes Mittel zur Vermeidung von Hochwasser (und gleichzeitigem Beitrag zur Grundwasserneubildung) ist die ausreichende, dezentrale Niederschlagversickerung im gesamten Einzugsbereich der Flüsse. Die Raumordnung kann durch eine Reduzierung der Neuinanspruchnahme von Freiflächen für Siedlung und Infrastruktur, die planerische Unterstützung von Rückbau und Entsiegelung sowie Renaturierung und Wiederaufforstung geeigneter Flächen und das Hinwirken auf eine angepasste landwirtschaftliche Nutzung die Verbesserung der Versickerungsmöglichkeiten weiter vorantreiben.

- An der Küste und auf den Inseln sind die raumordnerischen Voraussetzungen zu schaffen, um den Schutz gegen zunehmende Sturmflut- und Hochwasserrisiken auch zukünftig nach Möglichkeit zu gewährleisten. Die Anpassung an den Klimawandel erfordert jedoch neben Deichbau- und Deichsanierungsmaßnahmen auch die Entwicklung neuer Formen von – insbesondere auch passiven – Sicherungsmaßnahmen für die Inseln und Küsten.
- Die Raumordnung sollte durch entsprechende Vorsorgemaßnahmen den spezifischen Risiken in Berggebieten entgegenwirken. Berggebiete wie der Alpenraum sind komplexe Ökosysteme, die auf klimatische Veränderungen besonders empfindlich reagieren. Gleichzeitig sind Berggebiete wichtige Lebens-, Kultur- und Wirtschaftsräume. Die erwartete Zunahme von Extremwetterungssituationen und deren Folgen wie Muren, Felsstürze, Bodenerosion etc. verdeutlichen, wie wichtig daher eine planerische Vorsorge ist.
- Die Raumordnung kann bei der Steuerung der Siedlungsentwicklung unter dem Aspekt der Gesundheit zukünftig verstärkt bioklimatischen Belastungsgebieten Rechnung tragen. Durch das voraussichtlich häufigere Auftreten von Wärmeperioden und Hitzewellen im Sommer werden insbesondere in verdichteten Räumen „Wärmeinseln“ entstehen. Zur Milderung von Hitzefolgen müssen Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete sowie -abflussbahnen im Rahmen der Siedlungsentwicklung freigehalten werden. Hier ergeben sich enge Berührungspunkte der Handlungsfelder der Regionalplanung und Stadtentwicklung. Insbesondere die Umsetzung kleinklimatischer Anpassungsstrategien setzt eine intensive Kooperation zwischen Stadt und Umland voraus (s. Kap. 3.2.1. und 3.2.2.).

### **Anpassung an den Landschaftswandel und mögliche Einschränkungen der Nutzbarkeit natürlicher Ressourcen**

- Sinken Grundwasserneubildungsraten aufgrund klimatischer Auswirkungen, erfordern regionale Wasserknappheiten eine verstärkte raumordnerische Sicherung von Wasserressourcen und ein planerisches Hinwirken auf angepasste Nutzungen.
- Der Anstieg des Meeresspiegels und der damit verbundene Anstieg des Grundwasserspiegels sowie die Zunahme der Küstenerosionstendenzen erfordern zusätzliche Anstrengungen

beim Schutz der Küstengebiete und begründen wesentliche neue Gesichtspunkte für die Entwicklung der Küstenlandschaften. (s. Box zum IKZM in Kap. 3.3.)

- Die klimatischen Veränderungen erfordern eine vorausschauende Mitwirkung bei räumlichen Anpassungsmaßnahmen im Bereich des Tourismus insbesondere in Küstenbereichen und Berggebieten. Die Veränderungen im Tourismusverhalten erfordern ggfs. neue Investitionen und neue Infrastrukturen, die entsprechend raumordnerisch vorbereitet werden müssen. Die Entwicklung neuer, klimaangepasster Konzeptionen könnte durch Modellvorhaben der Raumordnung unterstützt werden.
- Infolge des Klimawandels wird es zu temperaturbedingten Ausweich- und Wanderungsbewegungen von Tier- und Pflanzenarten kommen. Die Raumordnung kann durch die planerische Unterstützung bei der Sicherung der Vorranggebiete des Naturschutzes und eines ökologischen Verbundsystems wirksam zu einer Anpassung der Arten an die klimabedingte Verschiebung von Lebensräumen beitragen. (s. Kap. 3.2.5.)

Auch die Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) hat auf ihrer 35. Sitzung am 29.4.2008 Beschlüsse gefasst zur räumlichen Konsequenz des Klimawandels.

### **Bevölkerungsschutz**

Der Bevölkerungsschutz beinhaltet alle zivilen Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und ihrer Lebensgrundlagen. Er umfasst unter anderem den Zivilschutz, den Katastrophenschutz und die Katastrophenhilfe bei Naturkatastrophen und schweren Notlagen. Der Bevölkerungsschutz setzt sich aus den Elementen Vorsorge (s. *Glossar*) und Reaktion auf Schadensfälle bis hin zu Katastrophen zusammen.

Erst in jüngster Zeit hat sich der Bevölkerungsschutz mit dem Thema Klimawandel auseinandergesetzt, sodass die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf diesen Bereich noch relativ wenig untersucht sind. Der Bevölkerungsschutz ist grundsätzlich bereits heute auf die Bewältigung von Extremereignissen und Großschadenslagen eingestellt. Wenn zukünftig häufigere und heftigere wetter- und klimainduzierte Katastrophenfälle eintreten, können neue Herausforderungen für den staatlich verantworteten Bevölkerungsschutz entstehen, die seine materiellen Ressourcen, das Krisen- und Notfallmanagement sowie die Planung des operativen Einsatzes betreffen. Gleichzeitig wirken sich diese Herausforderungen auf den Selbstschutz und die Selbsthilfemaßnahmen von Bürgerinnen und Bürgern aus. Im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit stehen die künftige Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen, wie Stürme und Hochwasser, die Menschenleben bedrohen und hohe Schadenssummen verursachen. Besonders gefährdet sind Kritische Infrastrukturen (KRITIS) wie Energie- und Wasserversorgung, Transport und Verkehr sowie Telekommunikations- und Informationstechnik, die die Funktion „gesellschaftlicher Lebensadern“ haben. Die besondere Verletzlichkeit kritischer Infrastrukturen ergibt sich durch deren gegenseitige Abhängigkeiten. Ausfälle der Stromversorgung oder der Informationstechnik haben zahlreiche Folgeeffekte und ziehen Störungen und Ausfälle in allen anderen KRITIS-Sektoren nach sich.

Der Schutz kritischer Infrastrukturen<sup>9</sup> stellt somit eine besondere Herausforderung im Bevölkerungsschutz dar. Nur ein geringer Teil der Einrichtungen Kritischer Infrastrukturen befindet sich in staatlichem Besitz. Mehr als 80 % werden von privaten oder privatisierten Unternehmen betrieben oder gesteuert, die damit auch die Funktionsfähigkeit der Einrichtungen verantworten. Durch

---

<sup>9</sup> Kritische Infrastrukturen sind nach der Definition des Bundes 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.

die staatliche Verantwortung für die zuverlässige Versorgung der Bürger im Krisenfall ist eine partnerschaftliche Zusammenarbeit von Bund, Ländern und den privaten Unternehmen unverzichtbar. In Kooperation zwischen Bundesministerium des Innern und seiner nachgeordneten Behörden mit dem Privatsektor sind Leitfäden und Schutzkonzepte entwickelt worden. Aufbauend auf einem Basisschutzkonzept wurde im Rahmen einer ‚Privat-Public-Partnership‘ ein Leitfaden für das Risiko- und Krisenmanagement in Unternehmen und Behörden entwickelt. So sollen in einem strukturierten Risiko- und Krisenmanagement für kritische Einrichtungen zum Beispiel Schutzziele definiert werden. Für diese Schutzziele sollen dann Risiken identifiziert und entsprechende Maßnahmen zur Risikominderung und -vermeidung geplant werden. Ziel der Empfehlungen ist es, wichtige Prozesse und Anlagen besser zu schützen und bei Störungen die jeweilige Funktionsfähigkeit so schnell wie möglich wiederherzustellen. Neben der baulichen Verstärkung (physische Härtung) von Gebäuden und Systemen wie etwa Wasser- oder Stromnetzen sind Notfall- und Evakuierungspläne, Warnsysteme und Informationsmöglichkeiten weitere wichtige Vorsorgemaßnahmen für den Katastrophenfall.

Die Themen des Bevölkerungsschutzes berühren in vielerlei Hinsicht Zuständigkeiten verschiedener Bundesressorts und Fachpolitiken. Diese Zuständigkeiten zielen gleichermaßen auf ein Risikomanagement, das auf akute Krisensituationen ausgelegt ist, sowie auf ein nachgelagertes Risikomanagement, bei dem es um die Wiederherstellung der durch Katastrophen verursachten Zerstörungen unter Berücksichtigung der Verringerung bzw. der Begrenzung künftiger Schadenspotenziale geht. Technische Maßnahmen zum vorbeugenden Hochwasser- oder Küstenschutz, Anpassungen in der Wasserwirtschaft, Schutz der menschlichen Gesundheit, Sicherstellung der Verkehrs- oder Energieinfrastruktur, räumliche Planung oder baulicher Schutz sind als vorbeugende Maßnahmen für den Bevölkerungsschutz von entscheidender Bedeutung.

Auf Bundesebene arbeiten UBA, DWD, THW und BBK seit 2007 in einer Arbeitsgruppe 'Klimawandel und Bevölkerungsschutz' an gemeinsamen Konzepten, um für eventuell eintretende bevölkerungs- und katastrophenschutzrelevante Extremereignisse bestmöglich gerüstet zu sein.

Bund und Länder werden die Einsatztaktik und die technische Ausstattung (Einsatztechnik) unter dem Aspekt der Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels mittel- und langfristig weiterentwickeln. Der Bund wird die durch längerfristige Auswirkungen des Klimawandels ggfs. erforderlichen qualitativen und quantitativen Änderungen der relevanten Szenarien vornehmen und gemeinsam mit den Ländern die daraus resultierenden Anpassungsmaßnahmen ergreifen.

Für die eventuell notwendige Weiterentwicklung des Bevölkerungsschutzes sind in erster Linie Kenntnisse über die künftige Entwicklung der Auftretenshäufigkeit von Extremereignissen, wie etwa Stürme und Starkregen, wichtig. Jenseits der Weiterentwicklung von Einsatztaktik und Einsatztechnik ist die Risikokommunikation mit allen Betroffenen wie Unternehmen, Verbänden, Bürgerinnen und Bürgern von Bedeutung. Das BBK kann hier weiterhin seine koordinierende Funktion wahrnehmen und durch Erarbeitung von Leitfäden Vorsorgemaßnahmen unterstützen.

Die zahlreichen Naturkatastrophen der vergangenen Jahre haben gezeigt, wo Defizite im Bevölkerungsschutz liegen. Handlungsbedarf gibt es z. B. im Hinblick auf Informations- und Meldewege, Kommunikation und Koordination der zuständigen Katastrophenschutzbehörden und operative Kräfte, zeitnahe, eindeutige und effektive Warnung und Information der Bevölkerung und beim gesundheitlichen Bevölkerungsschutz.

Bund und Länder werden das bestehende effektive Krisenmanagement an aktuelle Erfordernisse und künftige Entwicklungen – wie den Klimawandel – anpassen und den daraus resultierenden Erfordernissen in der Notfallvorsorge Rechnung tragen.

### **3.3. Auswirkungen auf Naturräume und Beispiele integraler Ansätze auf regionaler Ebene**

Natur und Gesellschaft sind verwundbar (= vulnerabel, s. *Glossar*) gegenüber den Wirkungen des Klimawandels, wenn die nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels die Möglichkeiten der Anpassung übersteigen. Das Ausmaß der möglichen Schäden hängt ab von der regionalen Ausprägung des globalen Klimawandels sowie den räumlichen Nutzungen. Die Möglichkeiten der Anpassung hängen von der Anpassungskapazität ab. Regionale Anpassungserfordernisse resultieren deshalb aus regionalen Klimaänderungen (Kap. 2.), Anpassungsmöglichkeiten (Kap. 3.2.) sowie der regionalen Vulnerabilität (Kap. 3.3.) gegenüber Klimaänderungen.

Eine regional differenzierte Analyse und Bewertung der Vulnerabilität ist eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung integraler Anpassungsstrategien auf überregionaler, regionaler und lokaler Ebene. Gerade auf regionaler Ebene sind integrale Ansätze anzustreben, die bei der Formulierung von Zielen einen Ausgleich zwischen unterschiedlichen Nutzungen ermöglichen, andere regionale Veränderungsprozesse (z. B. demographischer Wandel) einbeziehen sowie das Zusammenwirken der in der jeweiligen Region relevanten sektoralen und sektorübergreifenden Anpassungsmaßnahmen optimieren können (siehe Beispiele Modellregion Alpen und Integriertes Küstenzonen Management).

Die Modellierung der Folgen von Klimaänderungen und Vulnerabilitätsabschätzungen bauen u. a. auf den Modellergebnissen der Klimaforschung auf und liegen daher regelmäßig erst zeitlich verzögert zu den jeweils aktuellen Klimamodellierungen vor. Im Folgenden werden Aussagen zu Regionen gemacht, für die eine besonders ausgeprägte Verletzlichkeit gegenüber Auswirkungen des Klimawandels erwartet wird, unter der Annahme, dass national und international keine ausreichenden Klimaschutzmaßnahmen ergriffen und keine weiteren, als die bisher bereits implementierten Anpassungsmaßnahmen getroffen werden. Das heißt, dass die erwartete Verletzlichkeit durch umfassende Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen verringert werden kann. Die folgenden Aussagen beruhen auf der Auswertung verschiedener Quellen<sup>10</sup> sowie auf älteren Ergebnissen der regionalen Klimamodelle, die aber durch die neueren Ergebnisse (Kap. 2.) bestätigt und verfeinert werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Unsicherheiten bei den Modellvoraussagen zu den Temperaturen deutlich geringer sind als bei den Niederschlägen. Mit Blick auf die Entwicklung der Niederschläge kommen die regionalen Klimamodelle noch zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen, die noch keine belastbaren Aussagen zu besonderen regionalen Ausprägungen zulassen.

Eine Aktualisierung und Weiterentwicklung vorliegender Vulnerabilitätsstudien unter Verwendung neuerer Erkenntnisse und der aktuellen Ergebnisse der regionalen Klimamodelle steht derzeit noch aus, ist aber anzustreben und sollte in Abstimmung mit den Bundesländern auf den Weg gebracht werden.

---

<sup>10</sup> a) der „Vulnerabilitätsstudie“ des Umweltbundesamtes aus dem Jahre 2005, die erstmals in einer bundesweiten, methodisch umfassenden Gesamtbetrachtung Klimafolgen und die Bewertung der Verletzlichkeit zusammengestellt hat.

b) den Ergebnissen des BMBF Forschungsprogramms DEKLIM, u. a. zur Verwundbarkeit des deutschen Küstenraums.

c) der Sachstandsanalyse der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (2007) zu Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen für die deutsche Landwirtschaft.

d) der Befragung der Bundesressorts und der Bundesländer (2007) zu bestehenden oder geplanten Anpassungskonzepten und -maßnahmen.

e) der BMU-Fachkonferenz „DAS- Erwartungen, Ziele, Handlungsoptionen am 15./16.04.2008 in Berlin

f) der BMBF- / BMU-Konferenz zur Anpassungsforschung am 27./28. August 2008 in Leipzig.

Der **Alpenraum** ist vom Klimawandel doppelt betroffen. Zum einen ist die Temperatur in den Alpen zweimal so stark angestiegen wie im globalen Durchschnitt – und auch für die Zukunft sagen alle Klimamodelle dem Alpenraum eine verstärkte Temperaturerhöhung (bis 2100 im Mittel zwischen 3 und 4,5° C) voraus. Zum anderen wirkt sich der Klimawandel in einem so sensiblen Ökosystem wie den Alpen besonders stark aus. Die Biodiversität der Alpenregionen ist aufgrund der häufig sehr ausgeprägten ökologischen Spezialisierung sehr anfällig, da sie durch eine hohe Anzahl Tier- und Pflanzenarten geprägt sind, die nur dort vorkommen (also endemisch sind). Besonders im Alpenraum wird auch deutlich, dass bestimmte negative Auswirkungen des Klimawandels nicht mehr zu verhindern sind und folglich Anpassungsmaßnahmen den Schwerpunkt bilden müssen.

Folgende für den Alpenraum spezifische Auswirkungen des Klimawandels werden prognostiziert:

- Lebenszonen von Tieren und Pflanzen verschieben sich in höhere Lagen, viele alpine Arten werden im Bestand gefährdet, da sich ihnen im Zuge des Klimawandels kaum Ausweichmöglichkeiten bieten.
- Beeinträchtigung der Bergwälder und deren Schutzfunktion vor Naturgefahren.
- Beschleunigter Rückgang der Gletscher mit wasserwirtschaftlichen Effekten für gletschergespeiste Flüsse und Seen.
- Veränderte Gefahrenpotenziale von Naturgefahren wie Steinschläge und Muren.
- Starker Rückgang der Schneesicherheit für Wintersportgebiete, wobei Deutschland im Vergleich der Alpenländer am schlimmsten betroffen werden könnte.

Neben den Folgen für die Ökologie wird die gesamte Bevölkerung über die Bereiche Tourismus, naturbezogene Gefahrenbewältigung, Siedlungsentwicklung, Raumplanung, Naturschutz, Berglandwirtschaft, Forstwirtschaft und Wasserwirtschaft betroffen sein.

### **Die Klimaschutz-Modellregion Alpen**

Der Klima-Aktionsplan der Alpenkonvention kann als gutes Beispiel der Zusammenarbeit in einer besonders betroffenen Bergregion gelten. Dabei ergeben sich für die Alpen auch besondere Chancen: Mit sinnvoll umgesetzten Strategien für eine nachhaltige Entwicklung könnte der Alpenraum zu einer Modellregion für Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel avancieren.

Die Vertragsparteien der Alpenkonvention haben die Klimapolitik und die Entwicklung von Anpassungsstrategien für den Alpenraum zum Schwerpunkt ihrer Zusammenarbeit gemacht. Derzeit wird ein entsprechender Aktionsplan erarbeitet, der auf der X. Alpenkonferenz im Februar 2009 verabschiedet werden soll. Der vorgesehene Aktionsplan wird sowohl Verminderungsstrategien (z. B. in den Bereichen Energie, Verkehr und Tourismus) als auch Anpassungsstrategien (z. B. in den Bereichen Raumplanung, Biodiversität und Wald, nachhaltiger Tourismus und Wasserhaushalt) enthalten. Auch die alpenweite Ausweisung von Gefahrenzonen und die daran angepasste Raumplanung oder die Schaffung eines alpinen ökologischen Verbundes (Vernetzung von Schutzgebieten und Biotopen) für die Wanderung von Tieren und Pflanzen der Alpen werden Teil des Aktionsplans sein.

Die Grundlagen für die alpenspezifischen Anpassungsmaßnahmen werden vor allem durch gemeinsame Projekte der Alpenstaaten im Rahmen des europäischen INTERREG-Alpenraumprogramms entwickelt und mitfinanziert. Auf das 2008 bereits abgeschlossene Projekt ClimChAlp (Climate Change, Impacts and Adaptation Strategies in the Alpine Space) folgen ab Herbst 2008 das Nachfolgeprojekt „AdaptAlp mit dem Schwerpunkt Klimasimulationen zu den Auswirkungen von Starkregen und Dürren sowie das Projekt „ECONNECT“, das die Schaffung eines Verbundsystems ökologischer Korridore in den Alpen fördert. Dieser Verbund wird vom Bundesumweltministerium unterstützt, das auch die Plattform der Alpenkonferenz zu diesem Thema leitet und finanziert.

Die regionalen Klimamodelle erwarten für die **Küstenregionen von Nord- und Ostsee** aufgrund des relativ ausgeglichenen und gemäßigten Küstenklimas bis zum Ende des 21. Jahrhunderts einen vergleichsweise geringen Lufttemperaturanstieg. Allerdings könnte sich die Häufigkeit so genannter Temperaturkenntage, also Eis-, Frost- und Sommertage oder Tropennächte, verändern. Es wird davon ausgegangen, dass die Sommer trockener werden. Die Küstenregionen könnten in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts zunehmend durch den Meeresspiegelanstieg und eine Änderung des Sturmklimas gefährdet werden. Durch die Erhöhung des Meeresspiegels sowie eine Änderung des Sturmregimes kann sich langfristig die Erosion vor allem an Lockermaterialküsten (derzeit etwa 0,3 bis 0,4 m pro Jahr) sowie das Eindringen von Salzwasser in das Grundwasser verstärken. Ein hohes Niveau der Küstenschutzmaßnahmen bestimmt die aktuelle sowie künftig möglicherweise zunehmende Verwundbarkeit dieser Region. Es bestehen allerdings große Unsicherheiten darüber, wie stark sich Meeresspiegelniveaus und Sturmklima verändern. Die norddeutschen Küstenländer und der Bund sind daher intensiv dabei, mögliche Gefährdungen des Küstenraums durch integrale Ansätze im Küstenschutzmanagement zu verringern<sup>11</sup>. Eine hervorgehobene Bedeutung spielt dabei die mögliche Gefährdung von Feucht- und Niederungsgebieten sowie von Regionen mit einem hohen Schadenspotenzial wie dem Hamburger Hafen oder Nutzungen auf dem offenen Meer.

#### **Integriertes Küstenzonenmanagement**

Ein länderübergreifendes Vorgehen zum Ausgleich von Nutzungsansprüchen ist das Integrierte Küstenzonenmanagement (IKZM). IKZM ist ein freiwilliges und unbürokratisches Instrument, mit dem der Schutz und die Entwicklung natürlicher Ressourcen und naturnaher Flächen mit wirtschaftlichen und sozialen Ansprüchen besser in Einklang gebracht werden sollen. Grundlage hierfür ist die Nationale Strategie zum Integrierten Küstenzonenmanagement, die unter der Federführung des Bundesumweltministeriums im März 2006 beschlossen wurde. IKZM soll alle Planungs- und Entscheidungsbereiche durchdringen und geht über reines Management hinaus – wichtig ist die strategische Komponente, die sich mit unterschiedlichen Vorstellungen der zukünftigen Entwicklung und Visionen für Küsten- und Meeresgebiete befasst. IKZM bedient sich dabei der Raumordnung als zentrales Werkzeug. Eine ökologisch und wirtschaftlich verträgliche Entwicklung von Küstengebieten ist nur dann möglich, wenn die sich ändernden Randbedingungen beachtet werden – und hier ist vor allem der Klimawandel ein entscheidender Faktor. Die Bundesregierung fördert durch verschiedene Maßnahmen die Umsetzung der IKZM-Strategie. Hierzu sind aktuell Forschungsvorhaben aufgelegt, die z. B. Strategien, Instrumente und Maßnahmen für eine umweltschonende und effiziente Flächennutzung im deutschen Küstenraum entwickeln, kooperative Lernprojekte erproben (Michael-Otto-Stiftung) sowie den Dialog- und Entscheidungsprozess aller Beteiligten bei der Einrichtung einer IKZM-Koordinierungsstelle unterstützen.

<sup>11</sup> s. dazu beispielsweise den Generalplan Küstenschutz des Landes Schleswig-Holstein



Zentrale Teile **Ostdeutschlands**, das **nordostdeutsche Tiefland** und die **südostdeutschen Becken**, sind bereits aktuell und aller Voraussicht nach auch künftig durch ein geringeres Wasserdargebot betroffen. Eine weitere Abnahme der Sommerniederschläge und eine erhöhte Verdunstung als Folge steigender Temperaturen würden die schon aktuell ungünstige klimatische Wasserbilanz weiter verschlechtern. Dies kann Auswirkungen auf die Landwirtschaft haben. Vor allem in der Lausitz, wo besonders hohe Sommertemperaturen erwartet werden, ist mit höheren gesundheitlichen Belastungen als Folge von Hitze zu rechnen.

Für **Südwestdeutschland** zeigen die Beobachtungsdaten bereits für die letzten hundert Jahre einen überdurchschnittlichen Anstieg der Temperaturen. Die Ergebnisse der Klimamodelle lassen eine Fortsetzung dieses Trends erwarten. Dies kann insbesondere Folgen für die regionale Land- und Forstwirtschaft haben. Im Oberrheingraben wird sich der Klimawandel den Modellen zufolge besonders mit deutlich mehr heißen Tagen und Nächten sowie häufigeren und länger andauernden Hitzeperioden bemerkbar machen – eine Herausforderung besonders für das Gesundheitswesen (Kap. 3.2.1.). Als Folge der sich abzeichnenden Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter sowie einer möglichen Zunahme niederschlagsreicher Westwetterlagen nimmt die Hochwassergefahr im Winterhalbjahr vermutlich zu.

### **3.4. Klimaschutz und Anpassung – Synergien nutzen, Konflikte vermeiden**

Bei der Ausarbeitung von Konzepten und der Auswahl von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sollte darauf geachtet werden, dass sie den Anstrengungen zum Klimaschutz möglichst nicht entgegenwirken. Im Zweifel sollten solche Alternativen den Vorzug erhalten, die auch zur Minderung der Treibhausgasemissionen beitragen und vice versa. Beispiele sind:

- Investitionen in die Isolierung von Gebäuden verringern nicht nur den Heizbedarf im Winter, sondern können gleichzeitig vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch Hitze im Sommer sowie durch Lärm schützen.
- Kurzumtriebskulturen (z. B. Pappeln) in Überschwemmungsgebieten können wertvolle nachwachsende Rohstoffe erzeugen und sind bei geeigneter, natur- und hochwasserschutzgerechter Gestaltung eine robuste, wirtschaftlich sinnvolle Landnutzung im Einklang mit dem Hochwasserschutz.
- Der Waldumbau stabilisiert die Waldökosysteme, reduziert Risikopotenziale für Betriebe der Forst- und Holzwirtschaft und erhöht die unter verschiedenen Gesichtspunkten wichtige Holzproduktion.

Allerdings lassen sich Minderungs- und Anpassungsmaßnahmen nicht immer sinnvoll miteinander verbinden: auch Zielkonflikte sind möglich und sollten durch intensive Abstimmung auf und ggfs. flankierende Maßnahmen möglichst abgeschwächt werden (integrale Ansätze).

- Anforderungen an die Flächennutzung, die sich aus der Einrichtung eines Biotopverbundsystems zur Eröffnung von Wanderungs-, Ausbreitungs- und Rückzugsmöglichkeiten ergeben, können mit der Ausweitung intensiver Landnutzungen auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen, wie zum Beispiel mit der aus Klimagesichtspunkten angestrebten Erzeugung nachwachsender Rohstoffe konkurrieren.
- Die Verdichtung von Stadtstrukturen kann zu einem reduzierten Energieverbrauch beitragen, hat aber negative Auswirkungen für die Anpassung, da der Stadtklimaeffekt verstärkt wird und die sommerliche Hitzebelastung und somit der Kühlbedarf steigt. Eine sorgfältige Gestaltung der verbleibenden Freiräume, geringe Bodenversiegelung, Wärmedämmung der Häuser sowie die Begrünung und Verschattung mit Laubbäumen kann negativen Effekten der Verdichtung entgegenwirken.

### **3.5. Stand der Forschung zur Anpassung an den Klimawandel**

Fragen zur Anpassung an den Klimawandel sind ein integraler Bestandteil der Klimaforschung geworden, wie es bereits im nationalen Klimaschutzprogramm von 2005 thematisiert wurde. Das neue Forschungsförderkonzept des Bundesministeriums für Bildung und Forschung auf der Basis der Hightech-Strategie zum Klimaschutz setzt u. a. einen Schwerpunkt bei der Entwicklung und Implementierung von Strategien zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Auch in der Ressortforschung der anderen Bundesministerien spielen Fragen zu Anpassung inzwischen eine wichtige Rolle:

Beispielsweise nutzt das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit den Umweltforschungsplan, um mit Unterstützung des Umweltbundesamtes (UBA) und des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) sektorspezifische Forschungen (z. B. in den Bereichen Wasser, Gesundheit, Boden, Naturschutz) sowie methodische Forschung zu Klimafolgen und Anpassungsoptionen durchzuführen. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung führt u. a. in den Bereichen Verkehr (Schifffahrt und Wasserstraßen) sowie Raumordnung, das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz in den Bereichen Züchtung, Pflanzenbau, Tierhaltung, Agrarökonomie, Waldbau anpassungsrelevante Forschungsvorhaben durch.

Somit ergänzen sich im idealen Fall die Förderaktivitäten der Bundesressorts, die anderer Förderorganisationen (u. a. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Helmholtz-Gemeinschaft), der Universitäten und Länder, anderer Staaten sowie aus EU-Projekten.

Die aktuelle Forschungsförderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung sowie die Ressortforschungsinitiativen der Bundesministerien zum Thema Anpassung an den Klimawandel stützen sich auf drei Pfeiler:

- Klimasystemforschung
- Klimafolgenforschung
- Anpassungsforschung

#### **Klimasystemforschung**

Die Klimasystemforschung und ihre Ergebnisse haben auch für die Anpassungsstrategie eine große Bedeutung, da sie entscheidend dazu beiträgt, die Prozesse und Wechselwirkungen besser zu verstehen, die das Klimageschehen bestimmen. Die Klimasystemforschung bildet die Grundlage für Szenarien und Projektionen, die aus globalen und regionalen Modellierungen gewonnen werden. Ihre Ergebnisse ermöglichen es, wesentliche Rahmenbedingungen für künftige Entwicklungen zu ermitteln und bilden damit die Grundlage für die Frage, an welches Klima sich angepasst werden muss.

In der Klimasystemforschung werden die komplexen Zusammenhänge zwischen den beteiligten Teilsystemen „Atmosphäre“, „Ozeane“ und „Landoberfläche“ untersucht. Forschungsarbeiten mit gekoppelten Klimamodellen und Modellvalidierungen wurden unter anderem in Projekten des Deutschen Klimaforschungsprogramms DEKLIM durchgeführt. Darüber hinaus wird Klimasystemforschung im Kontext der institutionellen Forschung (Helmholtz-Gemeinschaft, Max-Planck-Gesellschaft, Leibniz-Gemeinschaft) betrieben. Die Koordinierungsarbeiten für das Community-Modell COSMO-CLM werden im Rahmen eines Projektes des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unterstützt.

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 SGA will den Dialog zwischen Klimasystem- und Anpassungsforschung sowie Akteuren

aus der Praxis aufnehmen und die Verantwortlichen beraten, wenn es darum geht, die Leistungen, Eigenschaften und Grenzen von Klimamodellen, Daten oder Szenarien zu verstehen.

Grundsätzlich bietet die Klimasystemforschung bereits heute eine große Palette von Ergebnissen und Produkten, mit denen sich künftige Klimabedingungen abschätzen lassen. Im Kontext der Hightech-Strategie zum Klimaschutz sollen jedoch weitere entscheidende Verbesserungen erzielt werden.

### **Klimafolgenforschung**

Die Klimafolgenforschung untersucht die Wechselbeziehungen zwischen Klimaänderungen und natürlichen Systemen sowie der menschlichen Gesellschaft (sozioökonomische Systeme). Ihre Ergebnisse helfen, mögliche Maßnahmen zur Anpassung an Klimaänderungen zu identifizieren. Sie dient aber auch dem besseren Verständnis des menschlichen Einflusses auf das weltweite Klimasystem. Auch zu diesem Bereich wurden u. a. durch das Deutsche Klimaforschungsprogramm DEKLIM Grundlagen gelegt. Darüber hinaus sind eine Reihe wissenschaftlicher Institute tätig um die relevanten Fragestellungen der Klimawirkungsforschung zu bearbeiten. Zum Beispiel erarbeiten die Natur- Sozialwissenschaftler des Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) sowie weiterer Institutionen interdisziplinär robuste Grundlagen für Entscheidungen in Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft. Die wichtigsten methodischen Ansätze am PIK sind System- und Szenarienanalyse, quantitative und qualitative Modellierung, Computersimulation und Datenintegration.

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) leistet mit seinen Wirkmodellen u. a. in den Bereichen Stadtklima, Agrar- und Wasserwirtschaft sowie im Gesundheitswesen einen wertvollen Beitrag zur Folgenabschätzung. Die Modellierung lässt zudem in vielen Fällen auch die Ermittlung möglicher Anpassungsstrategien zu.

### **Anpassungsforschung**

Anpassung an den Klimawandel bedeutet vor allem ein Management der Klimafolgen für Mensch und Umwelt, für Wohlstand und Lebensqualität, für wirtschaftliche und soziale Entwicklung. Ein solches Management setzt ein besseres Verständnis und eine Bewertung der Risiken ebenso voraus wie ein Verständnis der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Potenziale und Bedingungen für die Anpassung. Das bedeutet speziell für die Forschung,

- die regionalen und sektoralen Auswirkungen der Klimaänderung zu ermitteln,
- Wissensdefizite zu erkennen und
- Strategien sowie technische Lösungen für Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln.

Fragen zur Anpassung an den Klimawandel können zum einen sektoral, zum anderen räumlich bezogen (regional) betrachtet und bearbeitet werden. Die aktuellen Fördermaßnahmen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zur Anpassungsforschung berücksichtigen sowohl sektorale als auch regionale Ansätze:

#### **klmazwei - Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen**

Im Mittelpunkt dieser BMBF-Fördermaßnahme, die in das Rahmenprogramm "Forschung für Nachhaltigkeit" (FONA) eingebettet ist, steht die Entwicklung praxisorientierter Handlungsstrategien in Bezug auf den Klimawandel. Im Zeitraum von 2006 bis 2009 werden Forschungsprojekte gefördert, die i) Methoden zur Verringerung des Treibhausgasausstoßes entwickeln (Minderung beziehungsweise Mitigation) und ii) Projekte, die Anpassungsmaßnahmen an den unvermeidbaren Klimawandel (Adaptation) untersuchen. Im Bereich Adaptation mit einem Fördervolumen von ca. 15 Mio. € arbeiten 19 Forschungsverbände. (<http://www.klimazwei.de>)

### **KLIMZUG – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten**

Beim BMBF-Förderschwerpunkt KLIMZUG wird der regionale Ansatz verfolgt (vgl. 5.3.).

### **GLOWA – Globaler Wandel des Wasserkreislaufes**

Um das Schwerpunktthema „Globaler Wandel des Wasserkreislaufes“ geht es seit 2000 in mehreren großen Verbundprojekten innerhalb der Fördermaßnahme GLOWA. Übergeordnetes Ziel der Forschung ist es, Entscheidungsgrundlagen zu entwickeln, die ein nachhaltiges Management der lebensnotwendigen Ressource Wasser ermöglichen. Alle GLOWA-Vorhaben befinden sich in der dritten und somit letzten Förderphase. Zwei der fünf GLOWA-Vorhaben sind auf deutschem Boden angesiedelt: Die Verbände GLOWA Elbe und GLOWA Danube erforschen unter Einbindung verschiedener Akteure in den Einzugsgebieten von Elbe und Donau Szenarien und Strategien, die den Einfluss des Klimawandels auf Umwelt und Gesellschaft in den Flussregionen behandeln.

Wesentliche Beiträge aus der Ressortforschung sind:

- Die vom Umweltbundesamt in Auftrag gegebene erste „**Vulnerabilitätsstudie**“ (Zebisch et al. 2005) (s. Kap. 3.3.).
- Das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS) hat bereits 2007 seine Initiative „Zukunft gestalten im Zeichen des Klimawandels – **Schifffahrt und Wasserstraßen** in Deutschland“ ins Leben gerufen. Darin haben seine Fachbehörden (Deutscher Wetterdienst (DWD), Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)) im Verbund mit dem nationalen und internationalen Forschungsnetzwerk Grundlagen der Klimaforschung hinsichtlich der möglichen Auswirkungen für die Wasserstraßen und die See- und Binnenschifffahrt ausgewertet. Diese Bestandsaufnahme des verfügbaren Wissens wurde Anfang 2008 als Veröffentlichung des BMVBS herausgegeben. Anknüpfend an diese Bestandsaufnahme hat das BMVBS Mitte 2008 das auf 5 Jahre angelegte Forschungsprogramm KLIWAS („Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt - Entwicklung von Anpassungsoptionen“) angestoßen (Kap 5.2. *sektorale Anpassungsforschung*).
- Aus Sicht der Raumordnung ist die Entwicklung spezifischer Schutzstrategien für mögliche Entwicklungspfade eine wesentliche Handlungsoption. Zur Vorbereitung geplanter Modellvorhaben zu „**Anpassungsstrategien an die raumrelevanten Auswirkungen des Klimawandels**“ haben das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS) und das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) eine Vorstudie (2007-2009) in Auftrag gegeben. Die Vorstudie ermittelt Klimawandel-Raumtypen sowie spezifische Schutzstrategien für mögliche Entwicklungspfade und leitet (regional-) planerischen Handlungsbedarf sowie Maßnahmen und Instrumente für die Bewältigung der Aufgaben ab. Schwerpunkt der Betrachtungen sind die Entwicklungen in „räumlichen Brennpunkten“ und damit Anpassungsstrategien mit besonderer raumordnerischer Relevanz. Da der Klimawandel vermutlich verstärkt Entscheidungen unter Unsicherheiten verlangt, gleichzeitig aber aufgrund des Querschnittscharakters des Klimawandels eine Vielzahl von Akteuren Entscheidungen in diesem Zusammenhang trifft, sollen in der Studie neben einer Systematisierung von raumordnerischen Ansatzpunkten vor allem Möglichkeiten eines „Klimarisiko – Governance – Ansatzes“ untersucht werden (Kap. 5.2.)

Das Thema Umgang mit dem Klimawandel, speziell in Bezug auf Anpassung, wird auch weiterhin Thema auf der europäischen Forschungsagenda sein und ist dort im 7. Forschungsrahmenprogramm (FRP7) verankert.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung und der Projektträger DLR „Umwelt, Kultur, Nachhaltigkeit“ sind Partner im EU ERA-Net CIRCLE (Climate Impact Research Coordination for a Larger Europe). Dieses Forschungsnetzwerk vernetzt auf europäischer Ebene Forschungsförderer zum Thema Klimawirkung und Anpassung. CIRCLE hat derzeit Partner aus 19 Ländern. Deutschland ist ein starker Partner in diesem Konsortium und trägt mit der Leitung des Arbeitspakets ‚CONNECT‘ wesentlich zur Bearbeitung der Schnittstelle vom Wissen zum Handeln bei.

## 4. Anpassung weltweit – der deutsche Beitrag

Die Notwendigkeit einer Anpassung an die Folgen des globalen Klimawandels haben die Staaten international bereits früh erkannt: In den 1990er Jahren hat sich die weltweite Staatengemeinschaft – und damit auch Deutschland – unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) verpflichtet, Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in Angriff zu nehmen.

Insbesondere Entwicklungsländer, die gegenüber den nachteiligen Auswirkungen der Klimaänderungen besonders anfällig sind, sollen danach bei der Anpassung an den Klimawandel unterstützt werden. Bedingt durch die Unsicherheit, mit welchem zukünftigen Ausmaß an Klimafolgen zu rechnen ist, wird der gesamte Finanzbedarf für Anpassung in den Entwicklungsländern unterschiedlich eingeschätzt:

**Tabelle 1: Geschätzte Anpassungskosten<sup>12</sup> pro Jahr:**

|                |   |
|----------------|---|
| Weltbank 2006: | 9-40 Milliarden US-Dollar (nur a)         |
| Oxfam 2007:    | Mind. 50 Milliarden US-Dollar (a-d)       |
| UNDP 2007:     | 86 Milliarden US-Dollar in 2015 (a, b, e) |
| UNFCCC 2007:   | 28-67 Milliarden US-Dollar in 2030 (a-c)  |

- a) Anpassungskosten auf Makroebene in der öffentlichen Entwicklungszusammenarbeit
- b) „climate-proofing“ existierender sonstiger Infrastruktur
- c) Neue Investitionen, die alleine wegen des Klimawandels notwendig sind
- d) Anpassungskosten auf lokaler Ebene (Anpassung auf der Gemeindeebene, Personal- und Organisationsentwicklung in der internationalen Zusammenarbeit durch Nichtregierungsorganisationen usw.)
- e) Anpassung der Armutsbekämpfung an den Klimawandel

Auf Bali haben die Vertragsstaaten der Vereinten Nationen Ende 2007 einen Aktionsplan beschlossen (UNFCCC Entscheidung 1/CP.13), der vier Säulen umfasst. Eine der Säulen ist Anpassung an Klimafolgen neben der Minderung von Treibhausgasemissionen, Technologie und Finanzierung. Der Aktionsplan spiegelt die Erkenntnis wider, dass sich große Teile der Welt bereits jetzt an Klimafolgen anpassen müssen. Dabei ist vollkommen unstrittig, dass Minderung das Rückgrat jeder ambitionierten Klimapolitik bleiben muss. In Bali haben die Staaten ferner den Startschuss zum Anpassungsfond gegeben. Er soll Anpassungsmaßnahmen in Entwicklungsländern finanzieren und 2009 seine Arbeit aufnehmen.

<sup>12</sup> Harmeling, S. and Bals, Ch. (2008): Adaptation to Climate Change – Where do we go from Bali? An analysis of the COP13 and the key issues on the road to a new climate change treaty.- Hrsg. Germanwatch, 44 S.

Im Kontext der Anpassung sind auch Maßnahmen zur Eindämmung der Sicherheitsrisiken des Klimawandels zu sehen. Diese Risiken sind seit 2007 verstärkt auf der Ebene der Vereinten Nationen (z. B. Debatte im Sicherheitsrat im April 2008), der Europäischen Union (Beschluss des Europäischen Rates für ein Europäisches Aktionsprogramm) und auch national (Veröffentlichung des Gutachtens „Welt im Wandel - Sicherheitsrisiko Klimawandel“ 2007<sup>13</sup> des Wissenschaftlichen Beirats Globale Umweltveränderungen der Bundesregierung (WBGU) diskutiert worden. Sie beziehen sich im wesentlichen auf Konfliktkonstellationen sowie potentiellen neuen Migrationsströmen in fragilen Staaten bzw. Staaten mit schwachen Regierungsstrukturen, die verstärkt von den Auswirkungen des Klimawandels, wie z. B. zunehmender Wasserknappheit, Nahrungsmittelengpässen und Naturkatastrophen beeinflusst werden.

### **Die Rolle Deutschlands bei Anpassungsmaßnahmen in Entwicklungsländern**

Die sich abzeichnenden Auswirkungen des Klimawandels weltweit gewinnen auch für die Außenbeziehungen Deutschlands an Bedeutung. In vielen Entwicklungsländern, insbesondere in Afrika und für die kleinen Inselstaaten, werden Klimafolgen besonders gravierende Auswirkungen haben. Die Menschen in diesen Entwicklungsländern sind die Hauptleidtragenden des bisher überwiegend von den Industrieländern verursachten Klimawandels. Fortschritte in der Armutsbekämpfung hin zur Erreichung der Millennium-Entwicklungsziele (Millennium Development Goals, MDGs) könnten also durch die Auswirkungen des Klimawandels in vielen Ländern beeinträchtigt werden.

Es ist deshalb wichtig, die Folgen des Klimawandels in die Armutsbekämpfung mit einzubeziehen, um diese dauerhaft nachhaltig zu gestalten. Tatsächlich muss der Klimawandel als neuer gewichtiger Faktor und Querschnittsaspekt in der Politik eines jeden Landes begriffen werden. Besonders anfällige Entwicklungsländer müssen dabei unterstützt werden, im Rahmen ihrer nationalen Strategien für wirtschaftliche Entwicklung und Armutsbekämpfung eine klimapolitische Anpassungsstrategie zu erarbeiten und umzusetzen und den Klimawandel in jegliche Entwicklungsplanung einzubeziehen. Wichtige Ansätze hierfür sind die für 40 LDC („least developed countries“) bereits vorliegende „National Adaptation Programmes of Action“ (NAPA)<sup>14</sup>.

Im Bundeshaushalt 2009 sind für den Geschäftsbereich des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) rund 5,7 Milliarden Euro vorgesehen. Auch dadurch wird deutlich, dass Deutschland zu den gewichtigen Partnern in der internationalen Armutsbekämpfung zählt. Dies schließt die Unterstützung der Anpassungsbemühungen von Entwicklungspartnern mit ein. Im Rahmen der UNFCCC wird Anpassung zum einen durch Beiträge zu den klimaspezifischen Fonds der Global Environmental Facility (GEF) unterstützt. Ebenfalls engagiert sich Deutschland hier für das Nairobi Arbeitsprogramm zu Auswirkungen, Vulnerabilität und Anpassung an den Klimawandel, dessen Ziel es ist, Ländern zu helfen, ihr Verständnis über die Auswirkungen des Klimawandels zu verbessern. Zum anderen unterstützt Deutschland Anpassungsbemühungen durch weitere multilaterale Zusammenarbeit, z. B. durch den Strategic Climate Fund der Weltbank.

In der bilateralen Zusammenarbeit ist es Ziel, Klimaschutz sowie Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Abstimmung mit den Partnerländern systematisch in alle betroffenen, bilateralen Kooperationsprogramme einzubeziehen. Die Leitfragen hier sind: Wie wird sich der Klimawandel tatsächlich auf ein Land auswirken und wie kann es schon jetzt beginnen, sich auf dieses Zukunftsszenario vorzubereiten? Was muss einerseits getan werden, um die sozioökonomische und politische Verletzlichkeit eines Landes gegenüber dem Klimawandel zu verringern und andererseits, um die Anpassungskapazitäten sowohl des Einzelnen als auch die der Gemeinschaft zu er-

<sup>13</sup> Das Gutachten des WBGU ist in einer Kurz- und einer Langfassung im Internet verfügbar: [http://www.wbgu.de/wbgu\\_jg2007.html](http://www.wbgu.de/wbgu_jg2007.html)

<sup>14</sup> Die 38 vorliegenden NAPA's sind im Internet verfügbar: <http://unfccc.int/adaptation/napas/items/2679.php>

höhen? Von besonderer Dringlichkeit ist hierbei die Anpassung der am meisten betroffenen Sektoren Landwirtschaft, Wasser und Gesundheit.

Für die Unterstützung der Entwicklungsländer bei der Anpassung an den Klimawandel sollten auch Möglichkeiten der Zusammenarbeit in anderen Politikbereichen genutzt werden, z. B. in der Umwelt-, Agrar-, Handels-, und Forschungspolitik. Beispiele sind Projekte zur Erhaltung und der nachhaltigen Nutzung von Ökosystemen sowie zum integrierten Ressourcenmanagement, da sie eine Schnittstelle von Armutsminderung, Naturschutz, Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel bilden. Auch Initiativen zum internationalen Handel können helfen, die Bereiche miteinander zu verbinden. Beispiele sind der EU-Aktionsplan ‚Rechtsdurchsetzung, Politikgestaltung und Handel im Forstsektor‘ (EU-FLEGT), mit dem der illegale Holzeinschlag bekämpft wird. Der Erhalt von Waldgebieten ist z. B. im Bezug auf Schutz vor Extremwetterereignissen sehr eng mit der Anpassung an die Folgen des Klimawandels verbunden. Forschungsvorhaben sollten dazu beitragen, das Verständnis über die Auswirkungen des Klimawandels sowie seine Beobachtung auch in Entwicklungsländern zu verbessern.

Gerade in einigen der ärmsten Länder kann der Klimawandel Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit haben. Investitionen in eine nachhaltige Landwirtschaft, einschließlich Agrarforschung und Beratung sowie Ausbildung, sind von besonderer Bedeutung, Anpassung an den Klimawandel und Erhöhung der Ernährungssicherheit zu verbinden, Armut zu bekämpfen und die wirtschaftliche Entwicklung und Diversifizierung der Wirtschaftsstruktur anzuregen. Ein maßgeschneidertes Vorgehen, das auf der spezifischen Situation und den Stärken der betroffenen Länder aufbaut, ist dabei der Schlüssel. Oft sind grundlegende Strukturveränderungen über den Agrarsektor hinaus erforderlich, wobei insbesondere Landwirtschaft und ländliche Entwicklung in der Politik dieser Länder ein stärkeres Gewicht bekommen sollten. Deutschland und andere Geberländer werden solche Prozesse unterstützen. Entscheidend ist aber, dass die Entwicklungsländer ihre Eigenverantwortung wahrnehmen, um selbst tragende Strukturen aufzubauen, die auf lange Sicht ohne Hilfsmaßnahmen von außen bestehen können.

Weltweite klimatisch bedingte Verschlechterungen bisher vorgefundener ökonomischer und ökologischer Rahmenbedingungen beeinflussen bereits heute einen Teil der Migrationsbewegungen im regionalen wie im überregionalen Maßstab. Dürreperioden oder Überschwemmungen können, sofern sie zu anhaltenden Beeinträchtigungen der landwirtschaftlichen Bodennutzung (Austrocknung; Bodenerosion) führen, die wirtschaftliche Existenzgrundlage der ländlichen (und mittelbar auch städtischen) Bevölkerung entsprechender Regionen nachhaltig schmälern oder zerstören.

Die prognostizierten klimatischen Veränderungen könnten diese Effekte verstärken. Daraus resultierende anhaltende Verschlechterungen der Lebensbedingungen könnten zu sozialen Spannungen und zur gesellschaftspolitischen Destabilisierung, zur politischen, ggfs. auch zur religiösen Radikalisierung der Bevölkerung in den Herkunftsstaaten beitragen. In der Konsequenz könnten sich die ökonomischen, politischen, religiösen bzw. bürgerkriegsähnlichen Motive und Fluchtursachen verstärken und zu einem Anwachsen der Migration beitragen. Davon betroffen könnten insbesondere die Länder entlang der bestehenden Migrationsrouten in die Europäische Union und ihre Nachbarregionen sein. Studien zu den Zusammenhängen zwischen klimatischen Veränderungen und Migration sind derzeit in Arbeit<sup>15</sup>. Viele dieser potenziellen Ursachenketten hängen von einer rechtzeitigen Anpassungsleistung und einer wirksamen Armut-, und Fluchtursachenbekämpfung durch die Herkunftsstaaten selbst ab.

---

<sup>15</sup> z. B. <http://www.each-for.eu/index.php?module=main>



---

In migrationspolitischer Hinsicht kann der deutsche Beitrag vor allem darin bestehen, vorhandene entwicklungspolitische Ansätze ebenso wie Anreize zur Fluchtursachenbekämpfung beizubehalten oder zu verstärken und auf vorhersehbare künftige Auswirkungen des Klimawandels in den Herkunftsstaaten auszurichten. Eine kohärente Migrationspolitik, die all dies berücksichtigt, braucht den Dialog und die Kooperation mit den vom drohenden Klimawandel besonders betroffenen Staaten. Damit soll verhindert werden, dass die Folgen des Klimawandels die Gründe der Menschen, ihre Heimat zu verlassen, zusätzlich verschärfen.

Die Anpassung an den Klimawandel wird in Entwicklungsländern erhebliche Anstrengungen und Investitionen erfordern. Die Industrieländer haben sich verpflichtet, besonders anfällige Entwicklungsländer bei der Anpassung an die nachteiligen Folgen des Klimawandels zu unterstützen (Artikel 4 der VN-Klimarahmenkonvention). Es ist daher eine der zentralen Herausforderungen in den derzeitigen internationalen Verhandlungen, im Einklang mit dem Aktionsplan von Bali eine geeignete Finanzarchitektur zu entwickeln, die eigene Anstrengungen der Entwicklungsländer bei Klimaschutz und Anpassung angemessen unterstützt.

Unabhängig davon hat die Bundesregierung mit der deutschen Klimaschutzinitiative, die aus Erlösen aus dem Emissionshandel finanziert wird, bereits im Jahr 2008 unter anderem für internationale Klimaschutz- und Anpassungsprojekte Mittel in Höhe von ca. 120 Millionen Euro zur Verfügung gestellt. Für das Jahr 2009 ist eine Anhebung auf ca. 225 Millionen Euro vorgesehen.

## 5. Die Deutsche Anpassungsstrategie: Vorgehen und nächste Schritte

Die vorherigen Kapitel haben aufgezeigt, dass viele Lebens- und Wirtschaftsbereiche sowie die natürliche Umwelt von den Auswirkungen des sich abzeichnenden Klimawandels betroffen sein könnten. Trotz der bestehenden Unsicherheiten und der Schwierigkeiten bei der präzisen Beschreibung des möglichen Ausmaßes der Klimafolgen wurde deutlich, dass aus Vorsorgegründen ein strategischer Ansatz zur Vorbereitung und Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sinnvoll und notwendig ist. Die besondere Herausforderung dabei ist die hohe Komplexität, die sich unter anderem aus der unterschiedlichen Betroffenheit, der Vielzahl der Akteure, den unterschiedlichen Entscheidungsebenen und den sektor- und bereichsübergreifenden Zusammenhängen und Wechselwirkungen ergibt.

Anders als beim Klimaschutz, bei dem als übergreifende und quantifizierbare Zielgröße die Reduktion der Treibhausgasemissionen im Mittelpunkt steht, gilt für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels das weniger scharf fassbare, langfristige Ziel, die Verletzlichkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme zu verringern bzw. deren Anpassungsfähigkeit zu erhalten und zu steigern. Anpassung soll dazu beitragen, dass die in den verschiedenen Bereichen existierenden Zielsetzungen auch unter den Bedingungen des Klimawandels realisiert werden können. Hierzu gehören auch die in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie „Perspektiven für Deutschland“ von der Bundesregierung verabschiedeten politischen Leitlinien und Ziele, die drei Nachhaltigkeitsdimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales in Einklang zu bringen<sup>16</sup>.

Aus Sicht der Bundesregierung ist die Anpassungsstrategie deshalb als mittelfristiger Prozess anzulegen, in dem in transparenter und strukturierter Art schrittweise mit betroffenen Akteuren der Handlungsbedarf benannt, gegebenenfalls entsprechende Ziele definiert, Zielkonflikte feststellt und ausgeräumt sowie mögliche Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden. Die bereichsübergreifende Priorisierung möglicher Anpassungsmaßnahmen ist eine zentrale Aufgabe des weiteren Prozesses der Anpassungsstrategie.

### 5.1. Der Aktionsplan Anpassung

Die vorliegende Strategie legt erste Grundlagen und schafft einen Rahmen zur nationalen Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels. Die Konkretisierung des weiteren strategischen Vorgehens bedarf einer breiten Diskussion mit den Bundesländern und den gesellschaftlichen Gruppen. Die Weiterentwicklung der Deutschen Anpassungsstrategie ist neben dem Klimaschutzprogramm die zweite Säule der deutschen Klimapolitik und ein zentrales Anliegen der Bundesregierung. Die Bundesregierung wird daher bis Ende März 2011 einen gemeinsam mit den Ländern erarbeiteten ‚**Aktionsplan Anpassung**‘ vorlegen. Es ist vorgesehen, den Aktionsplan dem Deutschen Bundestag und dem Bundesrat zuzuleiten.

---

<sup>16</sup> Fortschrittsbericht der Bundesregierung zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie 2008 mit Bezug zur Deutschen Anpassungsstrategie s. S. 100  
ff:[http://www.bundesregierung.de/nn\\_658608/Webs/Breg/nachhaltigkeit/Content/StatischeSeiten/teaser-entwurfspapier.html](http://www.bundesregierung.de/nn_658608/Webs/Breg/nachhaltigkeit/Content/StatischeSeiten/teaser-entwurfspapier.html)

Der Aktionsplan soll auf der Basis aktueller Klimainformationen folgende Aspekte beinhalten (Mandat):

- Grundsätze und Kriterien für die Identifizierung und Priorisierung von Handlungserfordernissen
- Priorisierung von Maßnahmen des Bundes
- Überblick über konkrete Maßnahmen anderer Akteure (auf der Grundlage des Dialog- und Beteiligungsprozesses)
- Aussagen zur Finanzierung
- Vorschläge für eine Erfolgskontrolle (Indikatoren)
- Weiterentwicklung der Deutschen Anpassungsstrategie und Benennung der nächsten Schritte

## ***5.2. Elemente des Anpassungsprozesses und nächste Schritte***

Zur Konkretisierung der Deutschen Anpassungsstrategie und zur Erleichterung von in diesem Zusammenhang erforderlichen Aktivitäten und Initiativen wird die Bundesregierung

- die fach- und akteursübergreifende Diskussion über die Deutsche Anpassungsstrategie fördern,
- die mit dem Klimawandel verbundenen Risiken für Deutschland transparent machen und eine Kategorisierung und Abschätzung von möglichen Schadenpotenzialen vornehmen,
- dazu beitragen, dass Anpassung integraler Bestandteil von Planungs- und Entscheidungsprozessen in allen relevanten Handlungsfeldern wird,
- geeignete Rahmenbedingungen schaffen, um die Anpassungskapazitäten (ökologisch, technologisch, gesellschaftlich) zu entwickeln und zu stärken.

Hierzu sind die folgenden Maßnahmen und Initiativen vorgesehen:

- **Bewusstseinsbildung und Information**

Anpassung bedeutet häufig eine Änderung von Verhaltensweisen und ist meist mit Kosten verbunden. Die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen hängt daher entscheidend davon ab, ob sie für die betroffenen Akteure – u. a. auch unter ökonomischen Gesichtspunkten – akzeptabel sind oder nicht. Anders ausgedrückt: Wer sich anpassen soll, muss wissen welche Nutzen und Kosten damit verbunden sein werden.

Zur Stärkung der Entscheidungskompetenz und Eigenverantwortung von Bürgerinnen und Bürgern im Umgang mit den erwarteten Auswirkungen des Klimawandels muss die Öffentlichkeit umfassend und objektiv informiert werden. Zum anderen ist auch die Fachöffentlichkeit auf zusätzliche Informationen zu Klimafolgen, Eintrittswahrscheinlichkeiten und Anpassungsmöglichkeiten angewiesen. Die Bundesregierung wird in ihrer Informations- und Öffentlichkeitsarbeit daher verstärkt den aktuellen Stand des Wissens zu den möglichen Klimafolgen, den sich daraus möglicherweise ergebenden Handlungserfordernissen sowie zu den jeweils bestehenden Handlungsmöglichkeiten vermitteln. Die Bundesregierung wird das Thema Anpassung an den Klimawandel verstärkt auch bei der Erarbeitung von Bildungsmaterialien berücksichtigen.

- **Dialog und Beteiligung sowie Unterstützung der verschiedenen Akteure**

Die Deutsche Anpassungsstrategie muss letztlich zu einer Priorisierung von möglichen Anpassungsmaßnahmen kommen und – so weit möglich – klare Verantwortlichkeiten für gegebenenfalls notwendige Maßnahmen benennen. Um Interessenkonflikte möglichst schon im Vorfeld von Entscheidungen zu entschärfen oder zu überwinden, Eigeninitiative zu wecken und eigene Beiträge und Ideen der relevanten Akteure aufzunehmen, ist eine breite Beteiligung von Akteuren und gesellschaftlichen Gruppen notwendig.

Dabei sind selbstverständlich die durch die Verfassung gesetzten Zuständigkeiten zu beachten. Schon deshalb sind insbesondere die Bundesländer unverzichtbare Partner. Die Bundesregierung wird daher die Zusammenarbeit zur Anpassung mit den Ländern weiterführen und intensivieren, um z. B. eine Koordinierung mit und zwischen den auf Länderebene bereits in Vorbereitung befindlichen bzw. vorgesehenen Anpassungsstrategien zu erreichen. Ein wichtiger Aspekt der Zusammenarbeit wird auch sein, wie Auswirkungen des Klimawandels künftig im Regierungs- und Verwaltungshandeln systematisch berücksichtigt werden können und welche Voraussetzungen hierfür geschaffen werden müssen.

Da Anpassung in den meisten Fällen auf regionaler oder lokaler Ebene erfolgen muss, sind viele Entscheidungen auf kommunaler oder Kreisebene zu treffen. Die Bundesregierung wird daher mit den kommunalen Spitzenverbänden sowie mit Vertretern interessierter Kommunen und Kreise diskutieren, durch welche Maßnahmen und Hilfestellungen die Entwicklung und Umsetzung von lokalen Anpassungskonzepten erfolgen kann. Hierbei sollten in Bezug auf die aktive Einbeziehung der Bevölkerung bzw. der Fachöffentlichkeit auch geeignete elektronische Beteiligungsformate (z. B. Online-Konsultationen) eingesetzt werden.

Die Bundesregierung strebt zudem den Dialog mit weiteren wichtigen gesellschaftlichen Akteuren wie Unternehmen, Verbänden und Wissenschaft an. Als Auftakt des Dialogs zur Anpassungsstrategie wird die Bundesregierung im Mai 2009 eine Konferenz ‚Anpassung ist notwendig‘ organisieren. Die Konferenz wird mit dem Ziel initiiert, insbesondere mit den Bundesländern und anderen Akteuren die gemeinschaftliche Konkretisierung der Deutschen Anpassungsstrategie anzustoßen. Die Bundesregierung wird in der Folge z. B. Stakeholder-Dialoge, Fachgespräche oder Fachkonferenzen durchführen sowie das Thema Anpassung an den Klimawandel in bestehende Dialog-, Beteiligungs- und Beratungsgremien einbringen.

**Beispiel: Dialog mit der Finanzwirtschaft**

Ein Schwerpunkt der Klimapolitik der Bundesregierung ist die Entwicklung von Finanzierungsoptionen und Investitionsstrategien, mit denen einerseits dem Klimawandel begegnet werden kann und andererseits Marktpotenziale genutzt werden können. Als Dialogpartner der Bundesregierung hat sich im Rahmen der Hightech-Strategie zum Klimaschutz das Finanz-Forum „Klimawandel“ gegründet, das sich aus führenden, deutschen Finanzdienstleistern zusammensetzt. Das Finanz-Forum erarbeitet zurzeit gemeinsam mit dem ‚Sustainable Business Institute‘ der European Business School (EBS) ein Forschungsprogramm, das den forschungspolitischen Dialog zwischen dem BMBF und Vertretern der Finanzwirtschaft sowie der Realwirtschaft entwickeln und begleiten soll. Die Finanzwirtschaft soll so in die Lage versetzt werden, sich auf den Klimawandel einzustellen und ihren Beitrag zur Realisierung von Klimaschutz- und Klimaanpassungsstrategien zu leisten.

- **Verbesserung der Wissensbasis**

Die Bundesregierung wird durch Forschungsaktivitäten im Rahmen der Hightech-Strategie zum Klimaschutz, die ressortübergreifend abgestimmt und in das Rahmenprogramm ‚Forschung für Nachhaltigkeit‘ eingebunden ist, sowie der Ressortforschungsprogramme die wissenschaftlichen Grundlagen für den Anpassungsprozess erweitern und vertiefen.

Die federführenden Ressorts für wissenschaftliche Beratungsgremien bzw. von Sachverständigenräten (wie den wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) und den Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) werden außerdem dafür sorgen, dass deren Expertise in die Erarbeitung des Aktionsplans Anpassung einbezogen wird.

Die Forschungsaktivitäten des Bundes werden sich auf die nachfolgend kurz beschriebenen Schwerpunkte konzentrieren.

#### ***Verbesserung der Qualität des Klimawissens***

Das Verständnis des Klimasystems wird durch laufende Forschung in der Max-Planck-Gesellschaft, in der Helmholtzgesellschaft deutscher Forschungszentren (HGF), an Universitäten und Einrichtungen der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL) laufend verbessert. Dabei spielen Klimarechensysteme eine große Rolle. So wird am Deutschen Klimarechenzentrum (DKRZ) in Hamburg wird bis Anfang 2009 ein neuer Höchstleistungsrechner installiert, um die anspruchsvollen Szenarienrechnungen der zukünftigen globalen und regionalen Klimamodelle optimal durchführen zu können. Der Höchstleistungsrechner wird innerhalb der Modelle eine höhere Auflösung ermöglichen, so dass künftige Klimamodelle und Szenarien detaillierter und genauer werden.

#### ***Mittelfristige Klimaprognose***

Für Vorsorgemaßnahmen und ggfs. drängende Maßnahmen (early actions) der Anpassung sind Kenntnisse über die Klimaentwicklungen in der mittelfristigen Zeitskala aus Gründen der Wirtschaftlichkeit besonders wichtig, da viele Investitionsmaßnahmen über solche Zeiträume geplant und finanziert werden. In Zukunft soll dieser dekadische Zeitraum durch Wetter- und Klimaszenarien abgedeckt werden. Es gibt Hinweise, dass für Zehnjahreszeiträume sogar echte Prognosen, die mit gewissen Wahrscheinlichkeiten verbunden werden können, möglich sind. Der so genannten „mittelfristigen Klimaprognose“ liegt vor allem die Tatsache zugrunde, dass das lokale Wettergeschehen bis zu einem gewissen Grad von bestimmten atmosphärischen Grundzuständen (Regimes oder Klimamoden) beeinflusst wird. Diese großräumigen Zirkulationsverhältnisse variieren für gewöhnlich auf einer Zeitskala von Monaten bis Jahren. Um dies – neben anderen Faktoren – zu berücksichtigen und damit „dekadische Klimaprognosen“ zu erforschen und längerfristig solche „Prognosen“ überhaupt erst möglich zu machen, wird das Bundesministerium für Bildung und Forschung Maßnahmen ergreifen.

#### ***Klimafolgen und Vulnerabilitätsermittlung***

Das zwischen Bundes- und Länderebene angestrebte, abgestimmte Vorgehen zur Anpassung erfordert ein systematisches Vorgehen mit der Schaffung einer gemeinsamen Basis an Methoden, Daten und Erkenntnissen zu den Wirkungen des Klimawandels, der zu erwartenden Folgen und der bereits zu beobachtenden Effekte. Je nach spezifischer Fragestellung erfolgt dabei die Klimafolgenabschätzung und Vulnerabilitätsermittlung aus einem sektoralen Blickwinkel, der Perspektive der Wechselwirkungen natürlicher und sozialer Prozesse oder aus der Betrachtung räumlicher Einheiten (z. B. nationale, regionale oder kommunale Ebene). Grundlage ist in jedem Fall eine aussagekräftige Datenlage durch Klimafolgenmonitoring. Ein wichtiges methodisches Instrument sind zudem Indikatorensysteme, welche Klimaänderungen und deren Ausmaß sowie die Wirkungszusammenhänge abbilden. Ein integratives, sektorenübergrei-

fendes Vorgehen ist für die Entwicklung von Indikatorensystemen empfehlenswert und sollte in enger Zusammenarbeit zwischen den Ressorts des Bundes, den Ländern und Kommunen erfolgen. Hier sollte auf bestehende Indikatorensysteme der Bundes-, Länder- und kommunalen Ebene, z. B. aus dem Bereich der Nachhaltigkeit aufgebaut werden.

Die Bundesregierung wird daher Vorschläge für ein methodisches Vorgehen zur Vulnerabilitätsermittlung und zu geeigneten Indikatorensystemen erarbeiten lassen.

Fachliche Unterstützung ist u. a. durch eine Konzeptstudie zu Indikatoren und Monitoring zur Deutschen Anpassungsstrategie (Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit ab 2009) zu erwarten. Wegen des auch weiterhin bestehenden erheblichen Forschungsbedarfs wird auch das Bundesministerium für Bildung und Forschung hierzu Forschungsaktivitäten anstoßen.

Die Indikatorensysteme können ferner in einem späteren Schritt zum Monitoring und der Evaluation der Anpassung erweitert und genutzt werden.

In diesem Zusammenhang liefert das von den Ländern Schleswig-Holstein, Baden-Württemberg und Hessen federführend erarbeitete Konzept eines „Klima-Biomonitoring“ eine interessante Referenz.

#### **Das Klima-Biomonitoringkonzept der Bundesländer:**

Das im Konzept Klima-Biomonitoring dargestellte Vorgehen hat das Ziel, eine gemeinsame Methoden- und Wissensbasis zu schaffen, um u. a. sowohl Frühwarnsignale zur Wirkung des Klimawandels abzuleiten, als auch Datensammlungen und Auswertungen bereitzustellen, die verschiedenen Zielgruppen als Basis für eigene Bearbeitungen angeboten werden können. Das Konzept wurde mit allen Bundesländern sowie den Bundesbehörden Umweltbundesamt, Bundesamt für Naturschutz und Deutscher Wetterdienst 2006 abgestimmt und wird derzeit in verschiedenen Bundesländern umgesetzt. Die ausgewählten und bewerteten Methoden sind durch Einbindung in laufende Programme und die Nutzung erprobter und abgesicherter Beobachtungsmethoden gut geeignet, die erforderliche Daten- und Methodenbasis aufzubauen, zumal bereits aus verschiedenen Bundesländern umfangreiche Bearbeitungen des Themas vorliegen.

#### **Beispiel eines sektoralen Monitoringsystems: Bodenmonitoring**

Ein dauerhaftes, über Jahrzehnte angelegtes Klimafolgen-Monitoring ist ein wichtiges Instrument, um z. B. Bodenveränderungen infolge des Klimawandels mit konkreten Daten zu dokumentieren. Auch kann ein solches Monitoring der Erfolgskontrolle von Maßnahmen im Bereich des Bodenschutzes dienen. Die bestehenden Instrumente der Bodenzustandserhebung und des Bodenmonitorings, wie die Dauerfeldversuche, die Bodendauerbeobachtung (BDF), die Bodenzustandserhebung Wald (BZE II), das forstliche Umweltmonitoring (Level II) und die Daten der Bodenschätzung liefern auch für die Klimawirkungs- und Klimaanpassungsforschung wichtige Grundlagen. Für die verbesserte Vorhersage klimabedingter Effekte auf die Böden und die Konzeption regional differenzierter Anpassungsstrategien sollte die Wissenschaft prozessorientierte Modelle zu den Wechselwirkungen zwischen Klimaveränderungen, Landnutzung und Boden weiter entwickeln. In gemeinsamer Anstrengung von Bund und Ländern sollten die vorhandenen Monitoringsysteme stärker genutzt, besser vernetzt und wo nötig angepasst werden. Weiterhin sind verstärkte Aktivitäten notwendig, um den Zugang, die Qualität und die Verfügbarkeit der Daten (u. a. von Niederschlagsdaten zur Bewertung einzelner Phänomene oder zur Modellierung der Erosion) zu verbessern.

**Neuer Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Landmanagement“** des Bundesministeriums für Bildung und Forschung:

Die Wechselwirkungen zwischen Landnutzung, Ökosystemdienstleistungen und Klimawandel rücken verstärkt in den Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses. Grund dafür ist, dass der globale Wandel in seinen unterschiedlichen Ausprägungen und Konsequenzen Auswirkungen auf die Landnutzung in den meisten Regionen der Erde hat. Klimawandel wird dabei als ein wesentlicher Treiber identifiziert. Bisher ist noch zu wenig darüber bekannt, wie der Klimawandel mit Ökosystemveränderungen oder verschiedenen Formen der Landnutzung im Zusammenhang steht.

Es geht dabei sowohl um Anpassung an den Klimawandel als auch um dessen Abmilderung (Landoberfläche als Quelle oder Senke klimarelevanter Gase) und den Beitrag, den ein nachhaltiges Management von Regionen/ Landschaftsräumen leisten kann ohne dabei die notwendigen Schlüsselfunktionen der Landschaft (Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen) und gesellschaftliche Ziele zu vernachlässigen.

Diese Fragen hängen eng miteinander zusammen und können nur durch integrative Forschungsansätze untersucht werden. Das Bundesforschungsministerium hat hierzu aktuell einen Förderschwerpunkt ausgeschrieben. In Beispielregionen, die besonders von den Phänomenen des globalen Wandels betroffen sind, sollen Strategien, Handlungsoptionen und Systemlösungen für ein nachhaltiges Landnutzungsmanagement mit trans- und interdisziplinären Forschungsansätzen entwickeln werden.

### ***Ökonomische Aspekte des Klimawandels***

Ökonomische Analysen liefern wesentliche Argumente zur Prioritätendiskussion innerhalb des Anpassungsprozesses und zur Abwägung von möglichen Maßnahmen. In Bezug auf die Anpassung sind die folgenden Kosten und Nutzen wesentlich:

- die Kosten und Nutzen (möglicher) Auswirkungen der globalen Klimaänderung ohne Anpassung, die direkt vom Ausmaß, der Geschwindigkeit und den nationalen, regionalen und lokalen Auswirkungen des künftigen globalen Klimawandels abhängen,
- die Kosten und Nutzen alternativer Anpassungsmaßnahmen sowie
- die Kosten der verbleibenden Schäden.

Die Forschung zu den wirtschaftlichen Folgen des Klimawandels sowie zu den ökonomischen Voraussetzungen und Wirkungen von Instrumenten und Maßnahmen wird im Rahmen der Hightech-Strategie zum Klimaschutz weiter ausgebaut. Es werden derzeit eine Reihe offener Forschungsfragen formuliert. Die mit den Folgen des Klimawandels für Branchen, Volkswirtschaften, global verflochtene Wertschöpfungsketten und für die Weltwirtschaft als Ganzes verbundenen Risiken und Chancen bedürfen genauerer Abschätzung. Die ökonomische Betrachtung sollte dabei die Kosten oder finanziellen Vorteile einbeziehen, die sich als Folge internationaler klimapolitischer Abkommen sowie der Anpassung für einzelne Branchen und Wirtschaftsbereiche ergeben können. Ergänzend dazu werden ökonomische Aspekte des Klimawandels und der Anpassung in den Ressortforschungsprogrammen berücksichtigt.

### **Regionale Anpassungsforschung**

Im Förderschwerpunkt ‚KLIMZUG – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten‘ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung wird der raumbezogene Ansatz verfolgt. Ziel dieser Fördermaßnahme ist es, die zu erwartenden Klimaänderungen und die damit verbundenen extremen Wetterausprägungen in regionale Planungs- und Entwicklungsprozesse zu integrieren und damit eine Region fit zu machen für ein Leben und Wirtschaften unter den Bedingungen des Klimawandels. Mittels Netzbildung soll zum einen die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit von Regionen erhöht, zum anderen die Entwicklung und Nutzung neuer Technologien, Verfahren und Strategien zur Anpassung an den Klimawandel in Regionen vorangetrieben werden. Es sollen hierbei nicht nur klimabedingte Risiken gemindert, sondern ggfs. auch Chancen, die sich durch den Klimawandel ergeben, genutzt werden. Für diese Fördermaßnahme mit einer Laufzeit von 2008 bis 2013 steht ein Fördervolumen von ca. 75 Mio. € zur Verfügung. Erste Projekte sind bereits angelaufen.

### **Sektorale Anpassungsforschung**

Für die strategische Weiterentwicklung des Anpassungsthemas im Rahmen der Forschungsförderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung ist nach klimazwei und KLIMZUG (s.o.) nun die Weiterentwicklung des sektoralen Ansatzes der notwendige nächste Schritt. Derzeit werden daher für die „sektorale Anpassungsforschung“ Themen ausgearbeitet und die Sektoren ermittelt, die im Zentrum der Forschungen stehen sollen. Besonderer Wert wird dabei auf spezifische Bedürfnisfelder und gegebenenfalls Wertschöpfungsketten gelegt. Zudem besteht weiterer Forschungsbedarf zu sozialen Folgen des Klimawandels und der Anpassungsstrategien sowie zu spezifischen Anpassungsmöglichkeiten in den Sektoren.

Dabei ist sektorale Anpassungsforschung nicht neu: so ist die Forschung für eine standortgerechte Agrarproduktion unter den Bedingungen des Klimawandels seit ca. 20 Jahren eine zentrale Aufgabe der Ressortforschung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)<sup>17</sup>. Unter dem – seit Januar 2008 als eines von sieben BMELV-Hauptforschungszielen aufgenommenen – Themenkomplex „Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel“ bearbeiten die einzelnen Forschungsinstitute, allen voran ein eigens für die agrarrelevante Klimaforschung Anfang 2008 eingerichtetes neues Institut u. a. folgende für die Anpassung relevante Hauptbereiche:

- Analyse der Auswirkungen von Klimaänderungen auf Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau, Fischerei, Ernährungswirtschaft sowie Kulturlandschaften, ländliche Räume und aquatische Ökosysteme einschließlich Inventarisierung unerwünschter Immissionen (Depositionen) in der Land-, Forst- und Fischwirtschaft.
- Analyse und Entwicklung von Verfahren, Anbausystemen, Produkten und Dienstleistungen zur Anpassung der Agrarwirtschaft an veränderte Klimabedingungen einschließlich ihrer ökonomischen und ökobilanziellen Bewertung.
- Untersuchungen zur Charakterisierung, Prävention und Bekämpfung von auf Grund des Klimawandels neu oder verstärkt auftretenden Schadorganismen der Pflanzen und abiotischer Schadursachen, natürlichen Kontaminanten, Tierseuchen und Zoonosen sowie ggfs. ihrer Überträger.

Anknüpfend an die Ergebnisse der in Kapitel 3.5. genannten Bestandsaufnahme hat das Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung zusammen mit seinen Fachbehörden, dem wissenschaftlichen Netzwerk und in Abstimmung mit den Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, für Bildung und Forschung und für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Mitte 2008 das auf 5 Jahre angelegte Ressortforschungsprogramm KLIWAS („Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und

<sup>17</sup> [www.klima-bmelv.de](http://www.klima-bmelv.de)



Schifffahrt - Entwicklung von Anpassungsoptionen“) angestoßen. KLIWAS setzt zunächst seinen Schwerpunkt auf die Anpassungserfordernisse des Wasserstraßen- und Schifffahrtssektors. Darüber hinaus werden aber weitergehende Untersuchungen für den Meeres-, Küsten-, Ästuar- und Binnenbereich durchgeführt. Dabei fußt der Weg zur Entscheidungsfindung für eine geeignete Anpassungsstrategie des Sektors und damit der Ansatz des Forschungsprogramms auf drei Säulen: Im ersten Schritt werden belastbare Grundlagen durch die gezielte Untersuchung der Bandbreite der möglichen Klimaprojektionen und der damit verbundenen Wasserhaushaltscharakteristika geschaffen. Im zweiten Schritt werden die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wirkungszusammenhänge im Bereich Schifffahrt und Wasserstraßen analysiert (Themenfelder Sensitivität und Vulnerabilität). Dies umfasst die Analyse der Situation mit Hilfe der gesamten Modellkette, angefangen von den globalen und regionalen Klimaprojektionen über ozeanografische und Wasserhaushaltsmodelle, bis hin zu morphologischen, ökologischen und Gewässergütemodellen. Darauf gründen im dritten Schritt Ableitungen von Adaptionsstrategien, Adaptionskapazitäten und Handlungsoptionen für die Binnen- und Seewasserstraßen sowie die Schifffahrt (Themenfeld Maßnahmen und Bewirtschaftung).

Das Forschungsprogramm des Bundesministeriums Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung steuert somit einen wichtigen Baustein zur sektoralen Anpassungsforschung bei und zeigt zudem belastbare übersektorale Erkenntnisse zur künftigen Entwicklung des Meereswasserspiegels an deutschen Küsten, des Wasserhaushaltes und Abflussgeschehens in den großen deutschen Flussgebieten auf. Die Erarbeitung und Bereitstellung regionaler Klimaszenarien und -projektionen, insbesondere der Parameter Niederschlag, Lufttemperatur, Verdunstung, Abfluss, Wasserstand, Fließgeschwindigkeit, können wichtige Ansatzpunkte und vor allem konkrete Produkte für die Wasserwirtschaft und die Länder liefern, die die im Kapitel 5.3. genannten Strukturen zur Unterstützung des Strategieprozesses benötigen.

Im Rahmen des Modellvorhabens der Raumordnung „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung und des für die Ressortforschung zuständigen Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR) werden in ausgewählten Modellregionen ab 2009 mögliche Beiträge der Raumordnung, Regional- und Stadtentwicklung zur Anpassung und zum Klimaschutz identifiziert und geprüft werden.

### ***Instrumente der Entscheidungsunterstützung***

Damit Akteure in die Lage versetzt werden können, angemessene Maßnahmen zur Anpassung zu ermitteln, entwickelt die Bundesregierung Instrumente zur Entscheidungsvorbereitung und Entscheidungsunterstützung. Dazu gehört u. a. die Entwicklung von Leitlinien oder von Checklisten, die Planern und Entscheidungsträgern in Unternehmen, Organisationen und Verwaltungen helfen können, ihre Betroffenheit bzw. Verwundbarkeit zu erkennen und passende Anpassungsmaßnahmen abzuleiten. In diesem Sinn ist beispielsweise das gemeinsame Vorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und des Umweltbundesamtes „Operative und strategische Unterstützung des Managements von Klimarisiken und -chancen“ angelegt, das Ende 2008 beginnen wird. Darüber hinaus ist auch die Vermittlung von „guter Praxis“ hilfreich für die Entscheidungsunterstützung, dazu ist ein Projektkatalog, unter [www.anpassung.net](http://www.anpassung.net) einzusehen. Als weiteres Instrument wird das so genannte Fachinformationssystem Klimafolgen und Anpassung erarbeitet, das auf der Basis eines Geographischen Informationssystems Risikokarten zu bestimmten Themen bereithalten. Als Orientierung für die Entwicklung von Instrumenten können die im Vereinigten Königreich von Großbritannien vom UK Climate Impacts Programme entwickelten und kostenlos verfügbar gemachten Instrumente „Adaptation Wizard“, „Business Assessment Tool“ und „Local Climate Impacts Profile“ dienen.

### ***Kriterien für die Priorisierung von Anpassungsoptionen***

Die deutsche Anpassungsstrategie ist auf eine integrierende, intersektorale Bewertung ausgerichtet. Deshalb werden intersektorale bzw. schutzgutübergreifende und allgemein akzeptierte Kriterien für die Bewertung und Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen gebraucht. Kriterien könnten bspw. die Vermeidung irreversibler Veränderungen, das Ausmaß der erwarteten Auswirkungen, der mögliche Schadensumfang, oder die zeitliche Nähe des möglichen Eintrittszeitpunktes von Folgen sein. Solche abgestimmten Kriterien fehlen bisher für Deutschland und müssen Gegenstand künftiger Forschung sowie der Abstimmung zwischen den Akteuren sein. Die Entwicklung von Grundsätzen und Kriterien für eine Priorisierung von möglichen Handlungserfordernissen dient der qualifizierten Vorbereitung von Maßnahmen und Maßnahmenplänen und wird daher einen zentralen Platz in der Erarbeitung des Aktionsplans Anpassung einnehmen.

### ***Ermittlung und Erfolgskontrolle von Anpassungsmaßnahmen***

Erfolgskontrolle ist als Teil des iterativen Anpassungsprozesses wesentlich für die Bewertung der Wirksamkeit von Strategien und unterstützenden Maßnahmen. Auch die Akzeptanz im gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Kontext liefert Hinweise für eine Übertragbarkeit von Anpassungsmaßnahmen im Sinne von „guter Praxis“. Im ersten Schritt wird die Evaluierung der Anpassungsstrategie daher über eine regelmäßige Berichterstattung über die laufenden Aktivitäten erfolgen. Parallel dazu wird die Bundesregierung die Entwicklung geeigneter Instrumente und Indikatoren zur Evaluierung der Anpassungskonzepte und -maßnahmen anstoßen (s. Kap. 5.2. *Klimafolgen und Vulnerabilitätsbewertung*).

Bei der Erfolgskontrolle sind zum einen Klimaänderungen und Klimafolgen für Umwelt und Gesellschaft zu erfassen, dies entspricht den klassischen Nachhaltigkeitsdimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales. Zum anderen sollte auch der Umsetzungsprozess der Anpassungsstrategie abgebildet werden (über so genannte Prozessindikatoren).

## **5.3. *Strukturen zur Unterstützung des Strategieprozesses***

### **Einrichtung einer Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassung an den Klimawandel**

Die Bundesregierung wird eine Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassung an den Klimawandel (IMA Anpassungsstrategie) einsetzen, in der alle Ressorts vertreten sind. Die Federführung liegt beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Die IMA soll den Aktionsplan Anpassung erarbeiten, die Initiativen der Bundesressorts zusammen führen und den Dialog- und Beteiligungsprozess im Rahmen der Anpassungsstrategie mit dem Ziel mitgestalten und begleiten, ein konzeptionell konsistentes Vorgehen der Bundesregierung zu erreichen. Sie wird regelmäßig zur Fortschreibung von Anpassungsstrategie und Aktionsplan sowie zur Evaluierung der Umsetzung derselben Bericht erstatten, erstmals im April 2013.

### **Fortsetzung des Bund-Länder Austauschs zur Anpassung an den Klimawandel**

In der Fortsetzung und Erweiterung der Zusammenarbeit mit den Ländern im Anpassungsprozess und zur engen Einbindung der Länderexpertise wird der vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit initiierte „Bund-Länder Austausch zur Anpassung an den Klimawandel“ mit den Ländern mit neuem Mandat fortgeführt und die in den fachpolitischen Bund-Länder-Gremien (z. B. Umweltministerkonferenz, Agrarministerkonferenz, Ministerkonferenz der Raumordnung) laufenden und geplanten Arbeiten ergänzt und vernetzt.

[Zu aktuellen Länderaktivitäten siehe Anhang I]

### **Das Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass)**

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit hat im Jahr 2006 mit der Einrichtung des Kompetenzzentrums Klimafolgen und Anpassung (KomPass, [www.anpassung.net](http://www.anpassung.net)) am Umweltbundesamt eine Einheit geschaffen, die die Erarbeitung einer nationalen Anpassungsstrategie mit fachlicher und umweltpolitischer Beratung unterstützt. Wesentliche Aufgaben von KomPass sind:

- Aufbereitung des Fachwissens zu regionalen Klimaänderungen, Klimafolgen und Anpassung im Hinblick auf Risikoabschätzung und Ableitung sowie Bewertung von möglichen Anpassungserfordernissen.
- Vermittlung dieses Wissens an Entscheidungsträger aus Politik, Wirtschaft und Verwaltung sowie Vernetzung der Akteure,
- Information und Sensibilisierung möglicher Betroffener und der Öffentlichkeit ,
- Zusammenstellung und Auswertung von Anpassungsprojekten, Anpassungsoptionen und -maßnahmen

Das Dienstleistungsangebot von Kompass wird kontinuierlich erweitert und steht allen Nutzern offen. KomPass bietet die Möglichkeit über eine Informationsplattform und als Portal Zugang zu vielfältigen anpassungsspezifischen Daten, Programmen, Aktivitäten und Ergebnissen zu erhalten.

### **Das Climate Service Center der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren**

Die Hightech-Strategie zum Klimaschutz des Bundesministeriums für Bildung und Forschung macht die Verbesserung der Informations- und Beratungsmöglichkeiten zu einer zentralen Aufgabe. In diesem Rahmen soll das Climate Service Center (CSC) am GKSS-Forschungszentrum Geesthacht als Kernaufgabe sowohl die Wissensdiffusion als auch die Forschungsprozesse im Bereich der Klimamodellierung und Szenarienentwicklung nutzerorientiert beschleunigen. Im Zentrum des Leistungsprofils steht dabei die Netzwerk- und Koordinierungsfunktion im Bereich der Auswertung und Aufbereitung von Klimaszenarien- und Modelldaten sowie deren Diffusion in Form geeigneter Datenprodukten und Beratungsdienstleistungen.

Die Aufgabenstruktur des CSC wird so abgestimmt, dass eine sich gegenseitig unterstützende Arbeitsteilung mit KomPass und anderen Bundeseinrichtungen (wie Deutscherwetterdienst) erreicht wird. In enger Zusammenarbeit mit den relevanten Forschungsinstitutionen und dem Deutschen Wetterdienst soll das CSC nicht nur dezentral vorhandenes Klimawissen anbieten, sondern auch dabei helfen, diese Daten zu interpretieren und anzuwenden. Die Daten werden im engen Dialog mit dem Nutzer zielgerichtet und anwendungsspezifisch so aufbereitet, dass die Informationen aus der Klimaforschung bestmöglich für strategische Planungen und Investitionsentscheidungen nutzbar werden. Wesentlicher Nebeneffekt ist hiermit auch eine Vertiefung von Klimafolgen- und Anpassungsforschung auf breiter Ebene.

#### 5.4. *Meilensteine des Strategieprozesses*

- Vorlage des Kabinettsberichts zur Deutschen Anpassungsstrategie Dezember 2008
- Einrichtung der IMA Anpassungsstrategie unter Vorsitz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit I. Quartal 2009
- Auftaktkonferenz des Dialog- und Beteiligungsprozesses zum Aktionsplan Mai 2009
- Vorstellung des Aktionsplans Anpassung durch die IMA Anpassung April 2011
- 1. Zwischenbericht der IMA zur Umsetzung an Bundesrat und Bundestag April 2013

#### 5.5. *Internationale Zusammenarbeit*

Das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) erarbeitet zur Orientierung der Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern im Bereich Anpassung ein strategisches Vorgehen. Teil dieser Strategie wird ein systematischer „Klimacheck“ sein, der sicherstellen soll, dass die deutsche Entwicklungszusammenarbeit zum Klimaschutz und zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Entwicklungsländern im Bezug auf die Folgen des Klimawandels beiträgt. Von besonderer Wichtigkeit ist in diesem Zusammenhang die Stärkung der Kapazitäten unserer entwicklungspolitischen Partner, die Anpassung an den Klimawandel in Planung und Implementierung von Maßnahmen weitestgehend selbst in die Hand zu nehmen. Dazu gehört auch ein Ausbau der Forschungskapazitäten vor Ort. Die Bundesregierung setzt sich dafür ein, dass auf der Vertragsstaatenkonferenz in Kopenhagen 2009 die richtigen Weichen für mit Nachdruck betriebene Anpassung gestellt werden. Ein Baustein des Kopenhagener Abkommens wird die angemessene finanzielle Unterstützung für Anpassungsmaßnahmen in Entwicklungsländern sein.

Der migrationspolitische Dialog und die Kooperation mit Drittstaaten entlang der maßgeblichen Migrationsrouten in die EU sind vom Kohärenzgedanken geprägt. Der hierauf aufbauende migrationspolitische Gesamtansatz der EU und das in diesem Rahmen entwickelte Instrumentarium bieten gute Voraussetzungen, auch Auswirkungen des Klimawandels, z. B. erhöhten Auswanderungsdruck, einzubeziehen und sollten entsprechend genutzt werden. Diese Instrumente sind auch flexibel genug, um auf die sehr unterschiedliche Bedeutung abgestimmt zu werden, die der Klimawandel und seine möglichen Auswirkungen für die unterschiedlichen Herkunfts- und Transitregionen bereits haben oder zukünftig haben werden. Daneben sollte auch der globale migrationspolitische Dialog (z. B. im Rahmen des „Global Forum Migration and Development“, (GFMD)) um den Aspekt künftiger Auswirkungen des Klimawandels ergänzt werden. Zugleich sind diese Instrumente auch flexibel genug, um auf die sehr unterschiedliche Bedeutung abgestimmt zu werden, die der Klimawandel und seine möglichen Auswirkungen für die unterschiedlichen Herkunfts- und Transitregionen bereits haben oder zukünftig haben werden. Daneben sollte auch der globale migrationspolitische Dialog (z. B. im Rahmen des „Global Forum Migration and Development“, GFMD) um den Aspekt künftiger Auswirkungen des Klimawandels ergänzt werden.

Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) der Vereinten Nationen, hat eine eigene Strategie zur Unterstützung von Anpassungsmaßnahmen erarbeitet. Nationale Wetterdienste in der WMO, insbesondere in Entwicklungsländern, bieten Schlüsselinformationen für die Entwicklung erfolgreicher und nachhaltiger Anpassungsmaßnahmen. Um sie bei der Erfüllung dieser Aufgaben zu unterstützen, stellt die Bundesregierung weitere Ressourcen zur Verfügung.

---

## Glossar<sup>18</sup>

### **Anpassung**

umfasst Initiativen und Maßnahmen, um die Empfindlichkeit natürlicher und menschlicher Systeme gegenüber tatsächlichen oder erwarteten Auswirkungen der Klimaänderung zu verringern. Es können verschiedene Arten von Anpassungen unterschieden werden, darunter vorausschauende und reaktive, private und öffentliche, autonome und geplante Anpassung. Beispiele sind die Erhöhung von Fluss- und Küstendeichen, der Einsatz von Pflanzen, die besser mit Temperaturschocks umgehen können.

### **Anpassungsfähigkeit**

Die Gesamtheit der Fähigkeiten, Ressourcen und Institutionen eines Landes oder einer Region, um wirksame Anpassungsmaßnahmen umzusetzen.

### **Bevölkerungsschutz**

Bevölkerungsschutz ist die Summe der zivilen Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und ihrer Lebensgrundlagen vor den Auswirkungen von Kriegen, bewaffneten Konflikten, Katastrophen und anderen schweren Notlagen sowie solcher zur Begrenzung und Bewältigung der genannten Ereignisse. Bevölkerungsschutz umfasst Zivilschutz, Katastrophenschutz und Katastrophenhilfe. Die Maßnahmen erfolgen entsprechend der jeweiligen verfassungsmäßigen Zuständigkeiten im Rahmen des Katastrophenschutzes (Länder), des Zivilschutzes (Bund) und der Katastrophenhilfe (Bund).

### **Biologische Vielfalt**

Oberbegriff für die Vielfalt der Ökosysteme, der Lebensgemeinschaften, der Arten und der genetischen Vielfalt innerhalb einer Art.

### **Empfindlichkeit, Sensitivität**

Der Grad, zu welchem ein System entweder nachteilig oder positiv durch Klimavariabilität oder Klimaänderungen beeinflusst ist. Die Wirkung kann direkt (wie eine Änderung von Getreideerträgen infolge veränderter Mittelwerte, Amplituden oder der Variabilität der Temperatur) oder indirekt (wie Schäden infolge häufigerer Überflutungen durch den Meeresspiegelanstieg) sein.

### **Extremes Wetterereignis, Extremereignis**

Ein extremes Wetterereignis ist ein Ereignis, das an einem bestimmten Ort und zu einer bestimmten Jahreszeit selten ist. Die Definitionen für "selten" variieren, aber ein extremes Wetterereignis wäre normalerweise so selten wie oder seltener als das 10- oder 90%-Perzentil der beobachteten Wahrscheinlichkeitsverteilung. Per Definition kann die Charakteristik von so genanntem "Extremwetter" absolut gesehen von Ort zu Ort unterschiedlich sein. Einzelne Extremereignisse können nicht einfach und direkt der anthropogenen Klimaänderung zugeordnet werden, da immer eine begrenzte Chance besteht, dass das betreffende Ereignis natürlicherweise hätte auftreten können. Wenn ein Muster von extremem Wetter über eine bestimmte Zeitspanne, z. B. eine Saison, bestehen bleibt, kann es als "extremes Klimaereignis" klassiert werden, vor allem wenn es ein Mittel bzw. eine Summe aufweist, die seinerseits bzw. ihrerseits extrem ist (z. B. eine Dürre oder Starkniederschlag während einer ganzen Saison).

### **Gefahr**

Zustand, Umstand oder Vorgang, aus dem ein Schaden an einem Schutzgut entstehen kann.

---

<sup>18</sup> Quellen: in Anlehnung an IPCC 4. Sachstandsbericht (2007)

**Invasive Arten**

Arten, deren Vorkommen außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets für die dort natürlich vorkommenden Ökosysteme, Biotope oder Arten ein erhebliches Gefährdungspotenzial darstellen.

**Katastrophenschutz**

Schutz der Allgemeinheit vor Gefahren und Schäden, die von Katastrophen ausgehen. Der Katastrophenschutz wird in den einschlägigen Gesetzen der Länder geregelt.

**Klima**

Klima im engen Sinn ist normalerweise definiert als das "Durchschnittswetter", oder genauer als die statistische Beschreibung des Wetters in Form von Durchschnittswerten und der Variabilität relevanter Größen über eine Zeitspanne im Bereich von Monaten bis Tausenden von Jahren. Der klassische, von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) definierte Zeitraum (= **Klimanormalperiode**) sind 30 Jahre. Diese Größen sind meistens Oberflächenvariablen, wie Temperatur, Niederschlag und Wind. Klima im weiteren Sinn ist der Zustand des Klimasystems, einschließlich einer statistischen Beschreibung.

**Klimamodell**

Eine numerische Darstellung des Klimasystems, die auf den physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften seiner Bestandteile, seinen Wechselwirkungen und Rückkopplungsprozessen basiert und alle oder einige seiner bekannten Eigenschaften berücksichtigt. Das Klimasystem kann von Modellen unterschiedlicher Komplexität dargestellt werden, d.h. für jeden Bestandteil oder eine Kombination von Bestandteilen kann ein Modellspektrum oder eine Modellhierarchie bestimmt werden, die sich in Aspekten unterscheidet wie der Anzahl der räumlichen Dimensionen, dem Ausmaß, in welchem physikalische, chemische oder biologische Prozesse explizit dargestellt werden, oder bis zu welchem Grad empirische Parametrisierungen verwendet werden. Gekoppelte allgemeine Atmosphären- Ozean-Meereis-Zirkulationsmodelle (AOGCM) bieten eine Darstellung des Klimasystems, die sich nahe am umfassendsten Ende des derzeit vorhandenen Spektrums befindet. Es gibt eine Entwicklung in Richtung noch komplexerer Modelle mit interaktiver Chemie und Biologie. Klimamodelle werden als Forschungsinstrument verwendet, um das Klima zu untersuchen und zu simulieren, aber auch für operationelle Zwecke, einschließlich monatlicher, saisonaler und jahresübergreifender Klimaprognosen.

**Klimanormalperiode**

*Siehe Klima*

**Klimaprognose**

Eine Klimaprognose oder Klimavorhersage ist das Resultat eines Versuchs, eine Schätzung der effektiven Entwicklung des Klimas in der Zukunft vorzunehmen, z. B. auf saisonaler, jahresübergreifender oder längerfristiger Zeitskala). Weil die zukünftige Entwicklung des Klimasystems stark von den Ausgangsbedingungen abhängen kann, bestehen solche Prognosen in der Regel aus Wahrscheinlichkeitsangaben.

**Klimaprojektion**

Eine Projektion der Reaktion des Klimasystems auf Emissions- oder Konzentrationsszenarien von Treibhausgasen, Aerosolen oder Strahlungsantriebs-Szenarien, häufig auf Klimamodellsimulationen basierend. Klimaprojektionen werden von Klimaprognosen unterschieden, um zu betonen, dass Klimaprojektionen von den verwendeten Emissions-/Konzentrations- bzw. Strahlungsantriebs-Szenarien abhängen, die auf Annahmen z. B. über zukünftige gesellschaftliche und technologische Entwicklungen beruhen, die nur eventuell verwirklicht werden und deshalb mit erheblichen Unsicherheiten verbunden sind.

**Klimavariabilität**

Klimavariabilität bezieht sich auf Schwankungen des mittleren Zustandes und anderer statistischer Größen (wie Standardabweichungen, Vorkommen von Extremereignissen, etc.) des Klimas auf allen zeitlichen und räumlichen Skalen, die über einzelne Wetterereignisse hinausgehen. Die Variabilität kann durch natürliche interne Prozesse innerhalb des Klimasystems (interne Variabilität) oder durch natürliche oder anthropogene äußere Einflüsse (externe Variabilität) begründet sein.

**Regionales Klimamodell**

Dynamische Verfahren simulieren mit einem höher aufgelösten dynamischen (numerischen) Modell Parameter für Teilgebiete des globalen Modellgebietes und nutzen dazu Eingangsdaten aus dem globalen Klimamodell. Beispiele sind REMO und CLM. Statistische Verfahren gehen davon aus, dass die globalen Modelle im großräumigen Maßstab in der Lage sind, die Muster der atmosphärischen Zirkulation treffend zu beschreiben. Bei den meisten dieser Verfahren werden statistische Beziehungen zwischen den großräumigen Mustern/Wetterlagen und den lokalen Auswirkungen identifiziert, wobei die aus der Vergangenheit oder Gegenwart gewonnenen Beziehungen auf die Projektionen der globalen Modelle angewendet werden. Beispiele sind WETTREG und STAR.

**Risiko**

Maß für die Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines bestimmten Schadens an einem Schutzgut unter Berücksichtigung der Gefährdung und der Verwundbarkeit.

**SRES-Szenarien**

SRES-Szenarien sind Emissionsszenarien, die als Basis für die Klimaprojektionen im IPCC Bericht 2001 „*Special Report on Emissions Scenarios*“ verwendet wurden. Folgende Begriffe sind für ein besseres Verständnis der Struktur und des Gebrauchs der SRES-Szenarien wichtig:

- Szenarienfamilie: Szenarien, die von einer ähnlichen demographischen, gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und den technologischen Wandel betreffenden Modellgeschichte ausgehen. Das SRES-Szenarienset umfasst vier Szenarienfamilien: A1, A2, B1 und B2.
- Illustratives Szenario: Ein Szenario, das eine der sechs Szenariengruppen veranschaulicht. Sie schließen vier revidierte Musterszenarien für die Szenariengruppen A1B, A2, B1, B2 und zwei zusätzliche Szenarien für die Gruppen A1FI und A1T ein. Alle Szenariengruppen sind gleich wahrscheinlich.
- Musterszenarien: Ein Szenario, das ursprünglich als Entwurf auf der SRES-Website veröffentlicht war, um eine gegebene Szenarienfamilie zu repräsentieren. Die Auswahl der Musterszenarien basierte auf Eigenschaften von spezifischen Modellen und auf der Entscheidung, welche der ursprünglichen Quantifizierungen die Modellgeschichte am besten widerspiegelte. Musterszenarien sind nicht wahrscheinlicher als andere Szenarien, aber das SRES-Autorenteam erachtet sie als geeignet, um eine bestimmte Modellgeschichte zu veranschaulichen. Diese Szenarien wurden den strengsten Prüfungen unterzogen, sowohl vom Autorenteam wie auch durch den offenen SRES-Prozess. Auch für die anderen zwei Szenariengruppen wurden zur Veranschaulichung Szenarien ausgewählt:
- Modellgeschichte: Eine erzählende Beschreibung eines Szenarios (oder einer Szenarienfamilie), die dessen Haupteigenschaften und die Zusammenhänge zwischen den Haupteinflussfaktoren und deren Entwicklungsdynamik hervorhebt.

**Unsicherheit**

Ein Ausdruck für das Ausmaß, in dem ein Wert ungewiss ist (z. B. der zukünftige Zustand des Klimasystems). Unsicherheit entsteht durch einen Mangel an Information oder durch Meinungsverschiedenheiten darüber, was bekannt ist oder überhaupt bekannt sein kann. Unsicherheit kann viele Quellen haben, von bezifferbaren Fehlern in Daten bis hin zu mehrdeutig formulierten Konzepten und Terminologien oder unsicheren Projektionen über menschliches Verhalten. Unsicherheit kann deshalb entweder quantitativ angegeben werden, z. B. durch eine Auswahl von berechneten Werten aus verschiedenen Modellen, oder durch qualitative Aussagen, die das Urteil eines Expertenteams wiedergeben.

**Verwundbarkeit, Verletzlichkeit, Vulnerabilität**

Das Ausmaß, zu welchem ein System anfällig ist gegenüber nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels, einschließlich der Klimavariabilität und der Extrema oder unfähig ist, diese zu bewältigen. Die Verwundbarkeit ist abhängig von der Art, dem Ausmaß und der Geschwindigkeit der Klimaänderung sowie der Schwankung, welcher das System ausgesetzt ist, seiner Empfindlichkeit und seiner Anpassungskapazität.

**Vorsorge**

Summe aller vorbeugenden und vorbereitenden Maßnahmen, die zur Verringerung oder Vermeidung möglicher Schadensfälle ergriffen werden können.



## **Anhang I: Aktuelle Länderaktivitäten in der Anpassung an den Klimawandel**

**Auszug aus dem Gesamtbericht der Bund/Länder- Arbeitsgemeinschaft Klima, Energie, Mobilität, Nachhaltigkeit (Ad Hoc-Arbeitsgruppe „Anpassungsstrategien der Länder“ der BLAG KliNa)**

**an die 71. Umweltministerkonferenz vom 23.10.2008,**

**hier Kapitel V.:**

### **Klimafolgen und Anpassung - Stand der Anpassungsstrategien der Länder**

Die BLAG KliNa ist der Auffassung, dass die Minderung von Treibhausgasen eine der wichtigsten politischen Herausforderungen der Gegenwart darstellt. Allerdings kann die Erderwärmung nicht mehr gänzlich aufgehalten werden. Eine verantwortungsvolle Klimapolitik muss sich deshalb auch mit der Anpassung an die nicht mehr abwendbaren Folgen des Klimawandels beschäftigen. Der Klimawandel ist ein weltweites Problem – die durch den Klimawandel hervorgerufenen Veränderungen zeigen sich jedoch in ihrem Ausmaß und ihrer Art und Weise sehr unterschiedlich. Bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels stehen die Regionen vor großen Herausforderungen: während Klimaschutzmaßnahmen immer der globalen Gesamtbilanz zugute kommen, zeigen Anpassungsmaßnahmen dort Wirkung, wo sie ergriffen werden. Hier haben die Länder eine besondere Rolle, weil sie in vielen vom Klimawandel betroffenen Bereichen, wie Land- und Forstwirtschaft, Hochwasserschutz, Gesundheit, Naturschutz und Tourismus über zahlreiche politische Gestaltungsmöglichkeiten verfügen. Sie müssen deshalb die jeweiligen regionalen Anfälligkeiten in ihren Lebens- und Wirtschaftsräumen identifizieren und regionalspezifische Anpassungsstrategien erarbeiten und realisieren. Die zahlreichen bereits initiierten Aktivitäten der Länder in diesem Bereich zeigen deutlich, dass sich die Länder dieser Verantwortung bewusst sind. Bund und Länder arbeiten intensiv bei der Erstellung einer Deutschen Anpassungsstrategie zusammen. Es wird begrüßt, dass diese Anpassungsstrategie Spielräume für notwendige Maßnahmen der Länder lässt und hier unterstützend und flankierend wirken soll. In diese gemeinsamen Arbeiten sollte auch einbezogen werden, wie sich EU, Bund und Länder sowie sonst noch in der Verantwortung stehende Akteure an der Finanzierung der Maßnahmen für die Deutsche Anpassungsstrategie und dem „Aktionsplan Anpassung“ beteiligen.

#### **A Stand der Anpassungsstrategien der Länder**

##### **1. Regionale Klimamodelle**

Mit Ausnahme eines Bundeslandes setzen alle Bundesländer regionale Klimamodelle zur Klimaprojektion ein. Die Mehrzahl der Bundesländer (13) setzt zwei und mehr regionale Klimamodelle ein, insbesondere das dynamische Modell REMO und das statistische Modell WETTREG. Das statistische Modell STAR des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung sowie das derzeit noch in Entwicklung befindliche dynamische Modell CLM kommen nur in fünf Bundesländern zum Einsatz.

Drei Bundesländer setzen alle vier deutschen regionalen Klimamodelle für die Klimaprojektion ein.

## **2. SRES-Emissionsszenarien**

Alle Bundesländer mit Ausnahme eines Bundeslandes setzen derzeit SRES-Emissionsszenarien im Rahmen der Klimaprojektion ein. Das Szenario A1B, das der derzeitigen weltweiten Entwicklung am nächsten kommt, wird von 15 Bundesländern verwendet. Daneben wurden zusätzlich die Szenarien A2 in sieben und B1 in acht Bundesländern eingesetzt. Am geringsten wurde bisher das Szenario B2 genutzt.

## **3. Erfassungssysteme (Messnetze/Bioindikation etc.) zur Ermittlung Klima induzierter Wirkungen auf Mensch, Natur und Umwelt; klimarelevante Indikatoren**

In allen Bundesländern bestehen technische Messnetze zur Erfassung der Boden-, Wasser- und Luftqualität. Sie werden in der Land- und Forstwirtschaft teilweise ergänzt durch agrarmeteorologische Messnetze, Dauerfeldversuche, Waldklimastationen und Phänologische Gärten. Daneben werden Monitoring-Systeme zu Lebensraumtypen und Arten der FFH-Richtlinie, Brutvogelkartierungen sowie Moosmonitoring und Flechtenkartierung als Bioindikation betrieben. Außerdem bestehen im Gesundheitssektor Meldesysteme für übertragbare Krankheiten nach dem Infektionsschutzgesetz.

## **4. Neue/ zusätzliche Indikatoren für ein systematisches Klimafolgenmonitoring**

Auf der Grundlage der in der in Punkt 3 genannten bestehenden Messnetze und sonstiger Erfassungssysteme werden von den Bundesländern zahlreiche Anregungen für zusätzliche Indikatoren gegeben.

Häufiger genannt werden u. a. die Veränderung von Humusgehalt und -qualität der Böden, ein Monitoring der tatsächlichen Bodenerosion, die Veränderung von Häufigkeit und Intensität extremer Wetterereignisse, Auftreten/Verbreitung klimasensitiver Vektoren, die Krankheiten übertragen, Vorkommen/Veränderung klimasensitiver Leitarten in Flora und Fauna und Ausbreitung von Neophyten und Neozoen.

Darüber hinaus besteht aber auch Bedarf an weiteren landwirtschaftlichen Indikatoren (z. B. Qualität von Erträgen, Auftreten klimasensitiver Schädlinge, Auftreten von durch klimasensitive Vektoren ausgelöste Tierkrankheiten), forstwirtschaftlichen Indikatoren (z. B. Bergwaldmonitoring, periodische landschaftsbezogene Baumarten- und Waldtypenerfassung) oder gesundheitsbezogenen Indikatoren (z. B. Entwicklung der Hitzesterblichkeit).

Ausdrücklich wurde auf das Konzept des AK Bioindikation/Wirkungsermittlung für ein Klimafolgenmonitoring verwiesen.

## **5. Studien zu den Betroffenheiten der verschiedenen Sektoren vom Klimawandel**

In dreizehn Bundesländern liegen bereits Studien zu Betroffenheiten verschiedener Sektoren vom Klimawandel vor. Dabei dominieren Studien in der Wasserwirtschaft, der Forstwirtschaft, der Landwirtschaft und im Sektor Gesundheit. Seltener liegen Studien zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität und den Boden vor. In den norddeutschen Bundesländern sind Studien zum Küstenschutz vorhanden.

In drei Bundesländern liegen derzeit weder sektorübergreifende noch sektorale Studien zu den Betroffenheiten vom Klimawandel vor.

## **6. Vorhandene sektorale oder sektorübergreifende integrative Anpassungsstrategien**

In neun Bundesländern wurden bereits Anpassungsstrategien an den Klimawandel entwickelt. Sie betreffen vor allem die Wasserwirtschaft, insbesondere den Hochwasserschutz sowie die Forstwirtschaft. Darüber hinaus bestehen Anpassungsstrategien im Sektor Gesundheit, insbesondere Hitzewarndienste sowie im Bereich Küstenschutz. In sechs Bundesländern liegen weder sektorale noch sektorübergreifende Anpassungsstrategien vor. In den meisten Fällen befinden sie sich jedoch in Erarbeitung oder es liegen bereits erste Handlungsempfehlungen für einzelne Sektoren vor.

## **7. Stand der Erarbeitung von Anpassungsstrategien bzw. -maßnahmen an die Auswirkungen des Klimawandels**

Hier zeigt sich die Dynamik dieses Bereichs in den Bundesländern. Mit Ausnahme eines Bundeslandes sind überall Anpassungsstrategien in der Entwicklung, vorrangig in den Sektoren Wasserwirtschaft, Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Biodiversität und Gesundheit. Darüber hinaus gibt es aber auch in mehreren Bundesländern entsprechende Ansätze in der Landes- und Regionalplanung, dem Tourismus und der Energiewirtschaft. Bislang nur eine untergeordnete Rolle spielen die Sektoren Architektur/Bauwesen, Verkehr, Boden und Industrie/Gewerbe.

## **8. Vorgehensweise und Ziel der Anpassungsstrategie(n) sowie Kontext zur Landespolitik**

In zahlreichen Bundesländern sind die Anpassungsstrategien an den Klimawandel Teil eines umfassenden Klimaprogramms oder Aktionsplans, das/der neben dem Klimaschutz auch die Anpassung an den Klimawandel enthält.

Daneben bilden in mehreren Bundesländern bestehende Fachprogramme oder -konzepte die Grundlage für zu entwickelnde sektorale Anpassungsstrategien (z. B. Hochwasserschutzpläne, Hochwasserrisikomanagementpläne).

In einer Reihe von Bundesländern werden derzeit umfassende fachübergreifende Anpassungsstrategien entwickelt, die entweder andere Strategien konkretisieren (z. B. Nachhaltigkeitsstrategie), durch andere Strategien ergänzt werden (z. B. Biodiversitätsstrategie) oder die Grundlage einer künftigen Anpassungspolitik darstellen.

## **B Schlussfolgerungen (Beitrag für den Beschlussvorschlag an die UMK)**

Die Länder bitten den Bund

- um eine angemessene Einbindung der Länder im Rahmen der weiteren Erarbeitung und Umsetzung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS),
- um einen breiten Dialog mit allen von der Umsetzung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) betroffenen Gruppen und Institutionen,
- um Unterstützung bei der Abstimmung eines Handlungsrahmens für den Aufbau und die langfristige Sicherung eines Klimafolgenmonitorings in Deutschland,
- angesichts des erheblichen Forschungsbedarfs, der auf dem Nationalen Forschungssymposium in Leipzig identifiziert wurde, um Unterstützung der entsprechenden regionalen Forschungsaktivitäten der Länder.

## Anhang II: Die Organisation des Bevölkerungsschutzes in Deutschland

Der Bevölkerungsschutz in Deutschland beruht auf einem sehr leistungsfähigen staatlichen Notfallvorsorge- und Gefahrenabwehrsystem. Bund, Länder und Kommunen arbeiten eng und wirkungsvoll mit privaten Hilfsorganisationen zusammen.

Der Bund ist gem. Art 73 Nr. 1 GG zuständig für den Zivilschutz, der die Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung im Verteidigungsfall regelt. Die Zuständigkeit für Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung im Rahmen des Katastrophenschutzes liegt grundgesetzlich bei den Ländern. Zur Hilfe bei einer Naturkatastrophe oder bei einem besonders schweren Unglücksfall können die Länder nach Maßgabe des Art. 35 Abs. 2 S. 2 GG Kräfte und Einrichtungen des Bundes anfordern. Die ergänzende Hilfe des Bundes im Katastrophenschutz besteht zum einen aus einem operativen Bereich, welcher sich aus der Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW), der Bundespolizei und der Bundeswehr zusammensetzt. Zum anderen unterstützt das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) die Länder bei der Bewältigung von Katastrophen organisatorisch, etwa über das Gemeinsame Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern (GMLZ) und das Deutsche Notfallvorsorge-Informationssystem (deNIS).

Die Ausführung des Katastrophenschutzes regeln landeseigene Gesetze in den Bereichen Brand- und Katastrophenschutz, Rettungsdienst, Feuerschutz- und -hilfeleistung sowie die Polizeigesetze. Im Katastrophenschutz gilt das Subsidiaritätsprinzip. Daher kann der Bund nur im Weg der Amts- und Katastrophenhilfe tätig werden.

Der Katastrophenschutz in Deutschland beruht maßgeblich auf Ehrenamtlichkeit und Freiwilligkeit. Das ehrenamtliche Engagement ist das Rückgrat des nationalen Notfallvorsorgesystems. Hilfsorganisationen, die Feuerwehren und das Technische Hilfswerk sind eine unverzichtbare Grundlage des nationalen Hilfeleistungssystems.

Die Akademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz (AKNZ) des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe ist die zentrale Bildungseinrichtung des BMI für Führungs- und Lehrkräfte auf dem Gebiet des Zivil- und Katastrophenschutzes. Neben zahlreichen Seminaren und Übungen werden regelmäßige Workshops und Fachkongresse durchgeführt, um das gemeinsame Krisenmanagement von Bund und Ländern zu verbessern.

Ein wichtiger Faktor eines effektiven Bevölkerungsschutzes ist die schnelle und umfassende Warnung und Information der Bevölkerung. Hierzu betreibt der Bund ein flächendeckendes satellitengestütztes Warnsystem (SatWaS). Bei großflächigen Gefahrenlagen oder besonderen Schadensereignissen können Warndurchsagen innerhalb von Sekunden über verschiedene Medien wie Rundfunkanstalten, Fernsehen und Internetportale verbreitet werden. Darüber hinaus arbeiten Bund und Länder an einem Konzept, mit dem auch die Weckfunktion im Rahmen der Warnung realisiert werden kann.

---

## Anhang III: Ausgewählte Literatur

Bundesamt für Naturschutz (2008): Daten zur Natur 2008.- Bonn.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt.- Berlin.

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2007): Schifffahrt und Wasserstraßen in Deutschland – Zukunft gestalten im Zeichen des Klimawandels, Nov. 2007.

Europäische Kommission (2007): Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Maßnahmen der EU – Grünbuch. [http://ec.europa.eu/environment/climat/adaptation/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/climat/adaptation/index_en.htm)

Gerstengarbe, F.W., Badeck, F., Hattermann, et al. (2003): PIK-Report No. 83. Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.: 78 S.

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie; (2005): Integriertes Klimaschutzprogramm Hessen INKLIM 2012. Projektbaustein II: Klimawandel und Klimafolgen in Hessen. Abschlussbericht. 67 S.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment, Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.

Harmeling, S. and Bals, Ch. (2008): Adaptation to Climate Change – Where do we go from Bali? An analysis of the COP13 and the key issues on the road to a new climate change treaty.- Hrsg. Germanwatch, 44 S. <http://www.germanwatch.org/klima/adapt08e.pdf>.

Kölling, C. und Zimmermann, L. (2007): Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 67 (6): 259-268.

Kölling, C. (2007): Bäume für die Zukunft. Baumartenwahl in den Zeiten des Klimawandels. LWF aktuell 60/2007: 35-37.

Koppe, C. und Jendritzky, G. (2004): Die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Mortalität in Baden-Württemberg, Sozialministerium Baden-Württemberg, Stuttgart.

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK) (2005): Verbundvorhaben Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung (KLARA). Analyse spezifischer Verwundbarkeiten und Handlungsoptionen. 200 S.

SAG (Senatsarbeitsgruppe) (2007): Koordinierung der Klimawirkungsforschung im Geschäftsbereich des BMELV. Teil 2. Empfehlungen zur künftigen Forschung zu zentralen Fragen der Auswirkungen des Klimawandels und mögliche Maßnahmen zur Anpassung der Land- und Forstwirtschaft. Stand 15.05.2007: 43 S.

Schaller und Weigel (2007): Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 316.

Schönwiese et al. (2005): Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Extremereignissen durch Klimaänderungen, *Climate Change* 07/05, (FKZ 201 41 254), Dessau.

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL)(2005): Klimawandel in Sachsen. Sachstand und Ausblick.

The BACC Author Team (2008): *Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin*. Springer Berlin, 474 p.

World Health Organisation (WHO) (2008): Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit vor den Folgen des Klimawandels in der Europäischen Region. Faktenblatt vom 04. April 2008.

Zebisch, M.; Grothmann, T.; Schröter, D.; Hasse, C.; Fritsch, U. und Cramer, W. (2005): Klimawandel in Deutschland. Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. UBA-Texte 08/05, Umweltbundesamt, Berlin.