Deutscher Bundestag **Drucksache 18/7111**

18. Wahlperiode 17.12.2015

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel

Inhaltsverzeichnis

		Seite
Kurzfassung		3
A	**Einleitung**	5
A 1	Ziel des Fortschrittsberichts	5
A 2	DAS Prozess – von den Grundsätzen zur Weiterentwicklung	6
A 3	Verbindungen zu anderen Strategieprozessen	11
B	**Umsetzung des ersten Aktionsplans Anpassung (2011)**	12
B 1	Säule 1: Wissen bereitstellen, Informieren, Befähigen	13
B 2	Säule 2: Rahmensetzung durch den Bund	15
B 3	Säule 3: Aktivitäten in direkter Bundesverantwortung	16
B 4	Säule 4: Internationale Verantwortung	17
B 5	Verbundforschung zur Klimaanpassung in Stadt und Region – Ergebnisse einer Querauswertung	19
B 6	Aktivitäten der Länder	21
B 7	Gute Beispiele anderer Akteure	26
C	**EU und Internationales**	27
C 1	EU-Anpassungsstrategie	27
C 2	Anpassung unter der UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC)	29
D	**Klimaänderungen, Klimafolgen und Vulnerabilität**	29
D 1	Neue Ergebnisse aus der Klimaforschung: Klimaänderungen und Extremereignisse	29

Zugeleitet mit Schreiben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit vom 16. Dezember 2015.

Seite

D 2 Monitoringbericht zur DAS: Beobachtete Klimawirkungen und begonnene Anpassung 32

D 3 Vulnerabilitätsanalyse 34

D 4 Klimafolgen im Ausland, Rückwirkungen auf Deutschland 43

E Prioritäre Handlungsbereiche und Schlussfolgerungen aus dem DAS Prozess 44

E 1 Prioritäre Handlungsbereiche 46

E 2 Empfehlungen aus Forschungsverbünden, Modellvorhaben in Stadt und Region 49

F Umsetzung der DAS und Entwicklung des APA II 50

F 1 Verstetigung des DAS-Prozesses, neue Schwerpunkte, Verantwortlichkeiten 50

F 2 Entwicklung des APA II und Maßnahmen zur Wahrnehmung der internationalen Verantwortung 52

F 2.1 Handlungsfeldübergreifende Aktivitäten 52

F 2.2 Aktivitäten im Cluster Raumplanung und Bevölkerungsschutz 55

F 2.3 Aktivitäten im Cluster Wasser 56

F 2.4 Aktivitäten im Cluster Infrastrukturen 58

F 2.5 Aktivitäten im Cluster Land 61

F 2.6 Aktivitäten im Cluster Gesundheit 63

F 2.7 Aktivitäten im Cluster Wirtschaft 63

F 2.8 Aktivitäten Internationale Verantwortung 65

G Der Blick nach vorn 68

Anhänge zum Fortschrittsbericht 69

Kurzfassung

Der Klimawandel und die notwendigen Anpassungen an seine Auswirkungen stellen eine zentrale politische Herausforderung des 21. Jahrhunderts dar. Auch in Deutschland wird die rechtzeitige Anpassung an den Klimawandel zunehmend bedeutsamer, um Schäden und Risiken durch Klimaänderungen zu verringern und höheren Schadens- und Anpassungskosten zu einem späteren Zeitpunkt vorzubeugen.

Seit 2008 setzt die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) zusammen mit dem 2011 verabschiedeten Aktionsplan Anpassung I (APA I) den politischen Rahmen für die Aktivitäten der Bundesregierung, um den Folgen des Klimawandels zu begegnen. Der vorliegende Fortschrittbericht zeigt den derzeitigen Stand der Aktivitäten im Sinne einer Zwischenbilanz auf und schreibt den Handlungsrahmen zur Anpassung an den Klimawandel in Deutschland fort: Was wurde geleistet? Was sind die nächsten Schritte, um die vereinbarten Ziele zu erreichen? Welche Akteure müssen diese Ziele aktiv verfolgen? Wie gelingt die operative Umsetzung der Anpassung bis auf die sektorspezifische Ebene?

Von den 150 im APA I festgelegten Aktivitäten und Maßnahmen sind 43 abgeschlossen und weitere 88 in unterschiedlichen Umsetzungsstadien. Nur wenige Aktivitäten und Maßnahmen konnten nicht realisiert werden oder wurden zwischenzeitlich als nicht mehr relevant eingestuft.

Der rechtliche Rahmen für die Anpassung an den Klimawandel wurde weiterentwickelt (etwa im Baurecht) und die Förderung von Anpassungsmaßnahmen ausgebaut. Letzteres gilt nicht zuletzt auch für den Bereich der internationalen Zusammenarbeit im Bereich der Anpassung an die Folgen des Klimawandels, in dem die Bundesrepublik Deutschland ihr Engagement weiter verstärkt hat.

Der Schwerpunkt der Aktivitäten lag bislang in der Generierung und Bereitstellung von Wissen über den Klimawandel, der forschungsbasierten Entwicklung von Methoden und Werkzeugen zur Identifizierung der Auswirkungen auf einheitlicher und belastbarer Basis sowie der darauf aufbauenden Entwicklung von Anpassungsoptionen. Durch umfangreiche Ressortforschungsaktivitäten konnte ein erheblicher Wissensfortschritt zum Ausmaß des Klimawandels in Deutschland und seiner Auswirkungen auf Mensch, Gesellschaft und Umwelt erreicht werden. Hieraus sind umfassende Grundlagendaten, Analyse- und Berichtsinstrumente entstanden. Es wurden somit wichtige Grundlagen gelegt, mit denen die verantwortlichen Akteure über die Herangehensweise zur Anpassung an den Klimawandel informiert und befähigt werden. Dazu gehört auch die Bundesverwaltung. Eine Auswertung zentraler Forschungsvorhaben des Bundes, mit Fokus auf die Stadt- und Regionalentwicklung, zeigt einen differenzierten Fundus an methodischen Ansätzen, Werkzeugen, Analysen von Klimafolgen und Praxisbeispielen zur Anpassung an den Klimawandel auf. Wesentlicher Bestandteil vieler dieser Vorhaben war die intensive Einbindung und Mobilisierung regionaler Akteure. Aus den pilothaften Anwendungen muss nun ein konsistentes, dauerhaftes, für Entscheidungsträger und Akteure relevantes Angebot entwickelt werden, welches auf einheitlichen, aktuellen und belastbaren Daten und Erkenntnissen aus Vorhersagen und Projektionen zu Klima-, Extremwetter- und Gewässerentwicklungen aufbaut.

Der vorliegende Fortschrittsbericht gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Entwicklungen hinsichtlich der Analyse von beobachteten und projizierten Klimaänderungen. Umgesetzte Kernvorhaben des APA I sind die Etablierung eines Monitoringsystems mit Indikatoren für die beobachteten Auswirkungen des Klimawandels und erfolgten Anpassungen sowie die weit gediehene Entwicklung einer einheitlichen Methodik für die Ermittlung der Vulnerabilität. Der im Mai 2015 veröffentlichte Monitoringbericht der DAS stellt erstmals in kompakter Form anhand von gemessenen Daten dar, welche Veränderungen durch den Klimawandel bereits feststellbar sind. Die im November 2015 vorgelegte, erste, nach einer einheitlichen Methodik erarbeitete, konsistente und flächendeckende Vulnerabilitätsanalyse für Deutschland identifiziert handlungsfeldübergreifend die Regionen und Systeme, welche besonders durch den Klimawandel betroffen sind. Diese Methodik und Auswertung gilt es weiter zu entwickeln, um die Analysen für die Handlungsfelder zu vervollständigen. Dieses Vorhaben war zudem ein erfolgreicher Testfall für ein, aus zahlreichen Bundesoberbehörden, gebildetes Behördennetzwerk, dessen Fortführung angestrebt wird.

Der Fortschrittsbericht zieht aus der Auswertung dieser umfassenden Forschungstätigkeiten, der Evaluierung der bisherigen Förderprogramme und Maßnahmen sowie aus den Ergebnissen der Vulnerabilitätsanalyse Schlussfolgerungen für den prioritären Handlungsbedarf des Bundes sowie entsprechende weitere Aktivitäten und Maßnahmen des Bundes für die kommenden Jahre. Dem Fortschrittsbericht ist ein umfangreiches Maßnahmenpaket des Bundes, der Aktionsplan II (APA II), beigefügt.

Der Fokus der Arbeiten verschiebt sich nun zunehmend hin zu einer Integration von Anpassungsgesichtspunkten in die Planung und Durchführung von Maßnahmen im Bereich der Bundesverwaltung selbst sowie zu einer dauerhaften Bereitstellung operativ handlungsrelevanten Wissens für Entscheidungsträger und Akteure

außerhalb der Bundesverwaltung. Die DAS tritt damit in eine neue, umsetzungsorientiertere Phase ein. Der Bund hat zukünftig unter anderem die Aufgabe, durch die Einrichtung, Weiterentwicklung und Unterhaltung von regelmäßigen Monitoring-, Vorhersage- und Projektionsdiensten verlässliche, qualitätsgesicherte und langfristig angelegte Grundlagen für Planungs- und Entscheidungsprozesse zur Anpassung an den Klimawandel in den Handlungsfeldern der DAS bereit zu stellen. Hierzu sehen der Fortschrittsbericht und der APA II die Etablierung eines Gesamtangebots des Bundes für Klimadienste und Dienste zur Unterstützung der Klimaanpassung vor.

Der Fortschrittsbericht zeigt auf, wie die Bundesregierung den Strategieentwicklungsprozess entlang der beschlossenen Maßnahmen konsequent fortführt und die eigenen Anstrengungen verstärken wird, um die Rahmenbedingungen zu schaffen und die Anpassungskapazitäten auf allen Ebenen zu stärken, die für eine erfolgreiche Anpassung an die Folgen des Klimawandels erforderlich sind.

In diesem Zusammenhang ist vorgesehen, ein System zur Evaluierung des DAS Prozesses zu entwickeln und bis 2019 auf dieser Basis eine Evaluierung vorzunehmen. Unter Berücksichtigung der dabei gewonnenen Erkenntnisse wird 2020 der zweite Fortschrittsbericht zur DAS vorgelegt werden.

A Einleitung

Der Umgang mit dem Klimawandel ist weltweit eine der größten Herausforderungen, um zukunftsfähige Lebens- und Umweltbedingungen zu erhalten. Der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) hat in seinem 5. Sachstandsbericht nachdrücklich aufgezeigt, dass rechtzeitige Anpassung an den Klimawandel zunehmend bedeutsamer wird, um Schäden und Risiken durch Klimaänderungen zu verringern und höheren Schadens- und Anpassungskosten zu einem späteren Zeitpunkt vorzubeugen. Denn je stärker der Klimawandel wird, desto eher werden die Grenzen für die Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen erreicht. Der IPCC stellt klar: Klimawandel birgt Risiken für eine nachhaltige Entwicklung und steht dabei in wechselseitiger Wirkung mit den Trends des globalen Wandels, wie zunehmende Verstädterung, anwachsende Weltbevölkerung, Landnutzungsänderungen und zunehmende Ressourcenknappheit, die künftige Risiken weiter verstärken.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, hat das Bundeskabinett unter Federführung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) im Dezember 2008 die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) beschlossen. Übergreifendes Ziel der DAS ist es, die Vulnerabilität Deutschlands gegenüber den Wirkungen des Klimawandels aufzuzeigen und zu vermindern sowie die Anpassungskapazität Deutschlands an den Klimawandel zu erhöhen und damit bestehende Handlungsziele der verschiedenen Politikfelder, auch unter den Bedingungen des weiter fortschreitenden Klimawandels, möglichst realisierbar zu halten. Zur Konkretisierung der DAS folgte der vom Bundeskabinett am 31. August 2011 beschlossene erste Aktionsplan Anpassung (APA I) [1]. Der APA I unterlegt die DAS mit spezifischen Aktivitäten des Bundes und zeigt Verknüpfungen mit anderen nationalen Strategieprozessen auf.

Ziele von DAS und APA

Die langfristigen Ziele der DAS und des APA sind die Verminderung der Verwundbarkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels sowie der Erhalt und die Steigerung der Anpassungsfähigkeit natürlicher und gesellschaftlicher Systeme an die unvermeidbaren Auswirkungen des Klimawandels (DAS 2008: 4f.). Dabei sollen Chancen des Klimawandels genutzt werden (APA 2011: 8).

Die Begleitung und ressortübergreifende Abstimmung der Arbeiten zur DAS erfolgt über die Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung (IMA), die Federführung liegt beim BMUB. Darüber hinaus richtete die Umweltministerkonferenz (UMK) einen Ständigen Ausschuss zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (StA AFK) ein, der Teil der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Klima, Energie, Mobilität und Nachhaltigkeit (BLAG KliNa) ist. Über den StA AFK sind die Länder auch an den Arbeiten zum Fortschrittsbericht beteiligt und haben darüber hinaus zum Entwurf Stellung genommen.

Im APA I wurde festgelegt, dass der Fortschrittsbericht aus folgenden Teilen besteht:

- Analyse und Bewertung der Verwundbarkeit Deutschlands, inklusive Prioritätensetzung der Risiken durch den Klimawandel, der Handlungserfordernisse und der Maßnahmen des Bundes;
- Evaluationsbericht zur Umsetzung des Aktionsplans Anpassung sowie einen Indikatoren gestützten Monitoringbericht;
- Fortgeschriebener Aktionsplan, inklusive konkretem Zeit- und Finanzierungsplan;
- Festlegung der nächsten Schritte zur Weiterentwicklung der DAS und zur regelmäßigen Evaluierung des Anpassungsprozesses.

A 1 Ziel des Fortschrittsberichts

Der Kabinettsbeschluss zum APA I enthält den Auftrag zur Erstellung eines Fortschrittsberichtes mit konkreten Schritten zur Weiterentwicklung und Umsetzung der DAS. Der vorliegende Bericht schreibt den Handlungsrahmen zur Anpassung an den Klimawandel in Deutschland fort. Auf der Grundlage der bis dato erreichten Ergebnisse von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben stellt dieser Bericht die Auswirkungen des Klimawandels für die Handlungsfelder der DAS in Deutschland sowie die daraus abgeleiteten Handlungserfordernisse, Aktivitäten und Perspektiven auf Ebene des Bundes dar. Er zeigt den derzeitigen Stand der laufenden und geplanten Aktivitäten im Sinne einer Zwischenbilanz auf: Was wurde erreicht und was sind die nächsten Schritte, um die vereinbarten Ziele der DAS zu erreichen? Welche Akteure müssen diese Ziele aktiv verfolgen und wie gelingt die operative Umsetzung der Anpassung bis auf die sektorspezifische Ebene?

[1] Bundesregierung (2011): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel.

Der Fortschrittsbericht ist daher ein wichtiger Meilenstein in einem längerfristigen Prozess, um die Anpassung an den Klimawandel dauerhaft in allen gesellschaftlichen Bereichen und bei den relevanten Akteuren zu verankern. Die Bundesregierung wird hierzu auch künftig den Dialog mit gesellschaftlichen Gruppen und Verantwortlichen suchen und über den weiteren Fortschritt berichten. Teil des Fortschrittsberichts ist die Entwicklung des Aktionsplans Anpassung II (APA II).

Der APA II umfasst sowohl handlungsfeld- bzw. sektorspezifische Maßnahmen als auch solche, die für alle bzw. viele Handlungsfelder von grundlegender Bedeutung sind. Letztere dienen vielfach dazu, auf Dauer erforderliche, bundesweit einheitliche Grundlagen des Handelns für Planer und Entscheider bereit zu stellen. Der APA II markiert damit den Übergang von einer Phase überwiegend projektartiger, befristeter Maßnahmen in eine Phase der längerfristigen Etablierung bestimmter Aufgaben. Dies gilt zum Teil auch für handlungsfeld- bzw. sektorspezifische Maßnahmen, soweit diese künftig Teil des operativen Verwaltungshandelns von Bundesbehörden werden. Die in Fortschrittsbericht und APA II dargestellten Maßnahmen liegen in der Verantwortung der jeweils zuständigen Ressorts und sollen – vorbehaltlich verfügbarer Haushaltsmittel – im Rahmen der jeweils geltenden Haushalts- und Finanzplanungsansätze (einschließlich Stellen / Planstellen) finanziert werden.

A 2 DAS Prozess – von den Grundsätzen zur Weiterentwicklung

Waren die letzten 10-15 Jahre in Deutschland vordringlich der Strategieentwicklung und dem Schließen von Wissenslücken gewidmet (siehe Abb. 1), hat sich der Fokus der Arbeit der letzten Jahre zunehmend in Richtung einer beginnenden Strategieumsetzung auf Ebene der Anwender verschoben (siehe unten zu den Grundsätzen von DAS und APA). Durch angewandte Vorlaufforschung wurden erste Werkzeuge und Instrumente entwickelt, die die Auswirkungen des Klimawandels auf regionaler und lokaler Ebene für Planer und Entscheider belastbarer abbilden und die nun sukzessive operationalisiert und verstetigt werden müssen. Ferner war die Umsetzung bisher wesentlich dadurch gekennzeichnet, die Aufgabe „der Anpassung an den Klimawandel“ systematisch in bestehenden informatorischen, rechtlichen und ökonomischen Instrumenten zu verankern. Dieser Prozess des „mainstreaming“ wird fortgesetzt werden. Parallel dazu muss das für die Praxis notwendige Handwerkszeug auf einer für Deutschland einheitlichen Methoden- und Datengrundlage in den bestehenden Planungs- und Betriebsabläufen etabliert werden, um angemessen und rechtzeitig auf die Auswirkungen des Klimawandels reagieren zu können. Dies trägt dazu bei, gesellschaftliche Akteure in die Lage zu versetzen, durch Eigenvorsorge oder unterstützt durch staatliche Einrichtungen flexibel auf die Risiken des Klimawandels reagieren zu können.

Die im Rahmen des APA I identifizierten Grundsätze sind weiterhin aktuell und bilden deshalb auch die Leitlinie für die Weiterentwicklung des DAS-Prozesses und das Handeln der Bundesregierung:

- Offenheit und Kooperation;
- Wissensbasierung, Vorsorgeorientierung und Nachhaltigkeit;
- Subsidiarität, Eigenvorsorge, Anpassungskapazität und Verhältnismäßigkeit;
- Integraler Ansatz und Berücksichtigung von Klimafolgen in Planungen und Entscheidungen;
- Handeln unter Unsicherheiten;
- Internationale Verantwortung.

Abbildung 1: DAS-Prozess

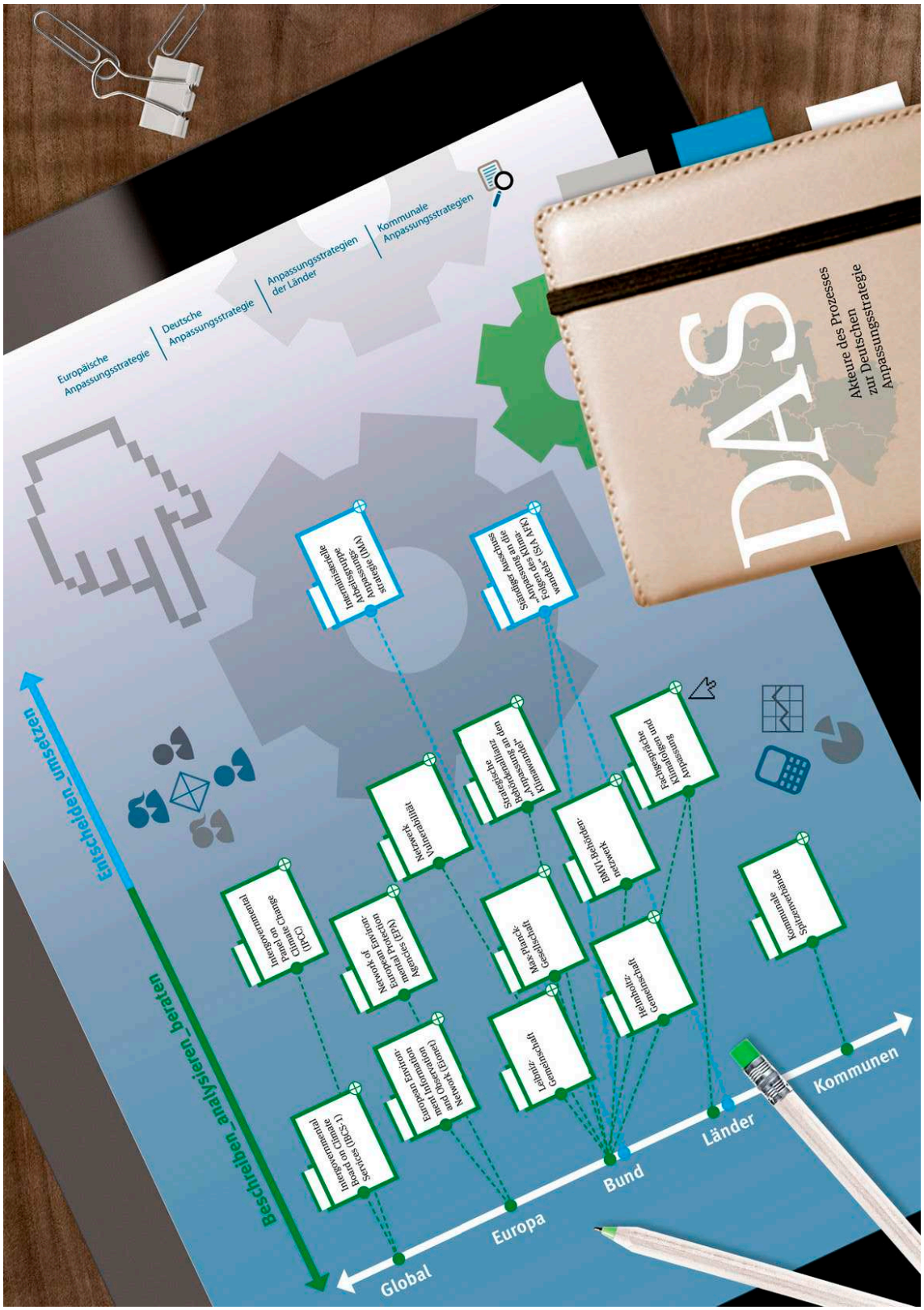


Abbildung 2: DAS-Akteurlandschaft mit Akteurlisten folgender in der Grafik aufgeführter Netzwerke: Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie, Ständiger Ausschuss „Anpassung an die Folgen des Klimawandels“, Netzwerk Vulnerabilität, Strategische Behördenallianz, Fachgespräche Klimafolgen

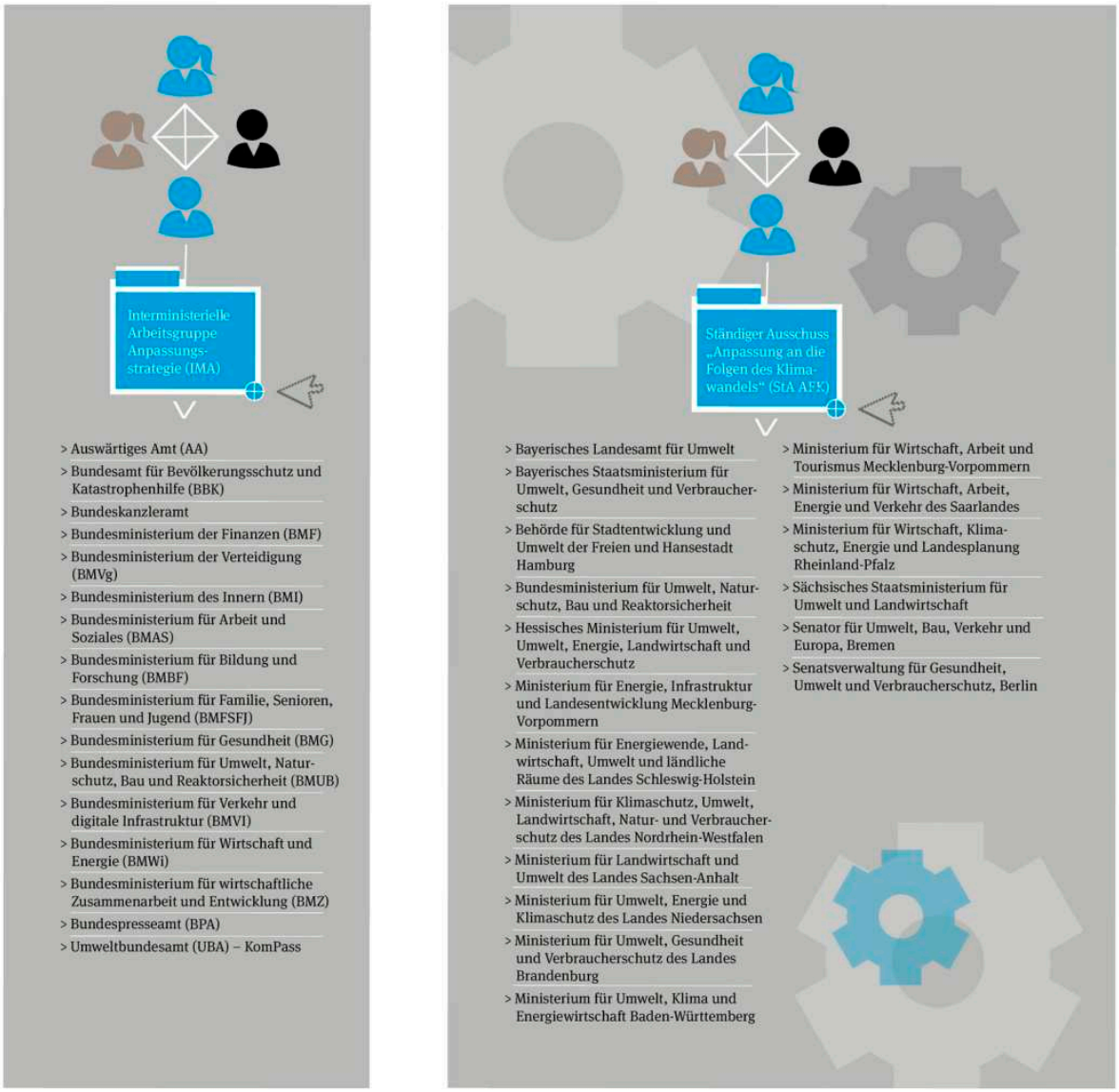


Abbildung 3a: Akteursliste: Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie, Ständiger Ausschuss „Anpassung an die Folgen des Klimawandels“

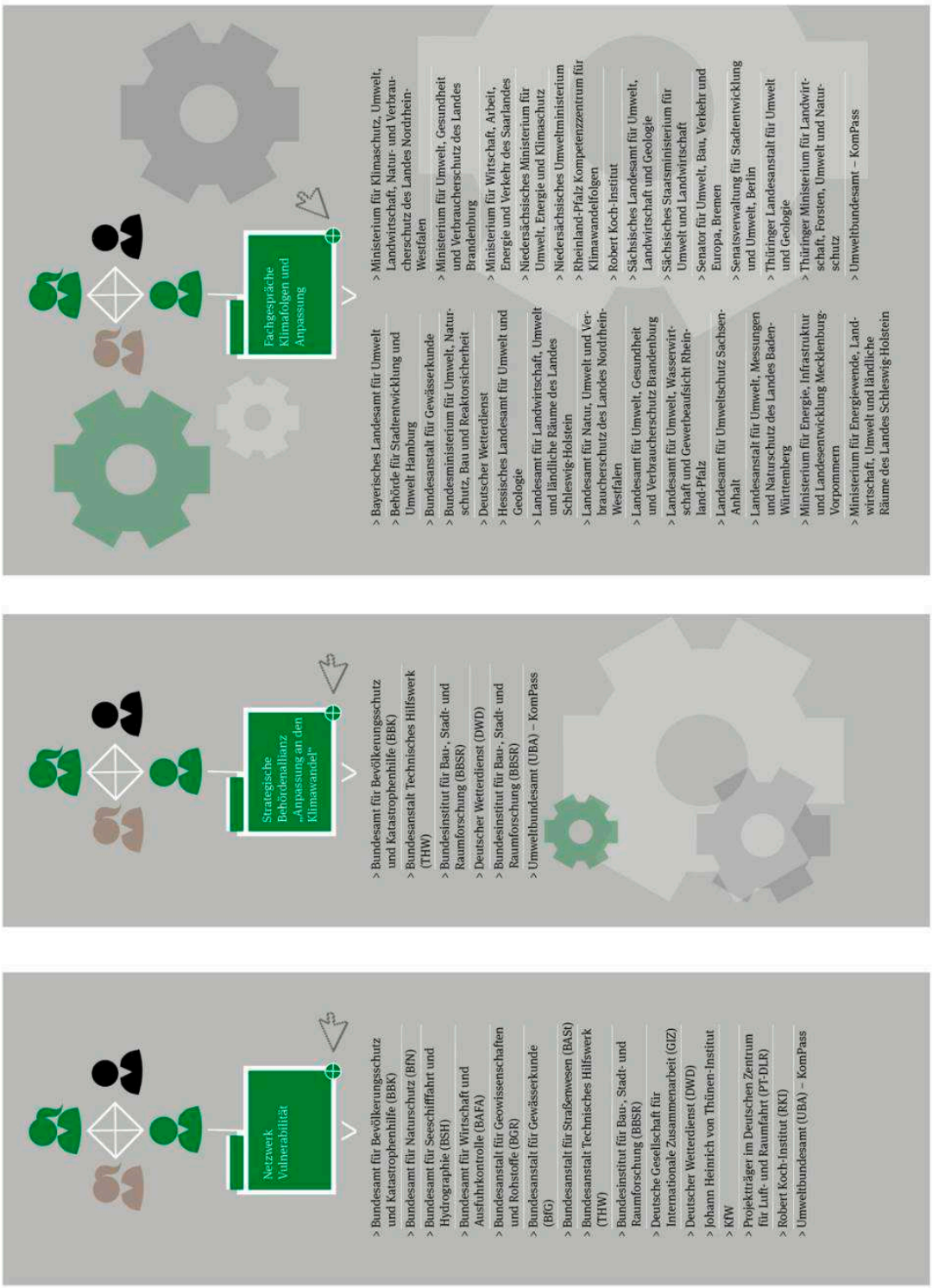


Abbildung 3b: Akteursliste: Netzwerk Vulnerabilität, Strategische Behördenallianz, Fachgespräche Klimafolgen

A 3 Verbindungen zu anderen Strategieprozessen

Anpassung an den Klimawandel wird in den fachpolitischen Strategieprozessen der Bundesressorts unterschiedlich aufgegriffen und wird auch unter Berücksichtigung europäischer Aktivitäten, z. B. der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie oder der Wasserrahmenrichtlinie, national umgesetzt.

Wenn die Ziele der Anpassung an den Klimawandel mit den Zielen anderer Strategien übereinstimmen, können sie sich unmittelbar gegenseitig unterstützen. Ebenso können Konflikte zwischen verschiedenen Strategieprozessen verringert oder vermieden werden, wenn die Verbindungen zueinander identifiziert sind.

Starke Übereinstimmung besteht zwischen den Zielen der DAS und der Nationalen Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen[2] vor allem im Hinblick auf die Verminderung der Verwundbarkeit sowie den Erhalt und die Steigerung der Anpassungsfähigkeit von kritischen Infrastrukturen[3] gegenüber Extremwetterereignissen. Eine Konkretisierung von Zielen der DAS weist das Handlungskonzept der Raumordnung zu Vermeidungs-, Minderungs- und Anpassungsstrategien im Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels[4] auf. Anpassung an den Klimawandel ist notwendig, um eine Entwicklung hin zur Nachhaltigkeit zu erreichen: Die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie[5] bietet mehrere Anknüpfungspunkte, um Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel umzusetzen. Zudem orientieren sich die Umsetzung der DAS sowie die Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel an den Zielen und Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung. Für die Deutsche Rohstoffstrategie[6] und das Ressourceneffizienzprogramm ProgRess[7] kann die Anpassung an den Klimawandel als zusätzlicher Faktor der Sicherheit der Rohstoffförderung und -lieferketten im Ausland an Bedeutung gewinnen. Hier kommt es darauf an, entsprechende Ansätze nachhaltig auszugestalten, sodass ökonomische, ökologische und soziale Aspekte gleichberechtigt berücksichtigt und Innovationen als Motor der Wirtschaft unterstützt werden. Durch die Umsetzung und Weiterentwicklung von ProgRess können wesentliche Beiträge zur Anpassung an den Klimawandel geleistet werden, insbesondere in den Bereichen nachhaltiges Bauen und Stadtentwicklung sowie nachhaltige Biomassenutzung. DAS und Waldstrategie 2020[8] zielen darauf ab, die Klimarisiken für die Forstwirtschaft und die Waldfunktionen zu minimieren. Ziel des Handlungsfeldes 1 „Klimaschutz und Klimaanpassung“ der Waldstrategie 2020 ist es, den Beitrag der Forst- und Holzwirtschaft zum Klimaschutz zu sichern und zu steigern. Daneben gilt es, die Wälder an die Klimaänderungen anzupassen, um weiterhin alle Funktionen des Waldes für die Gesellschaft, Eigentümer, Natur und Umwelt gewährleisten zu können. Mit dem Waldklimafonds[9] als gemeinsames Förderinstrument von BMEL und BMUB wurde 2013, neben der Eigeninitiative der Waldbesitzer, eine wichtige Voraussetzung zur Zielerreichung geschaffen. Zwischen der DAS und der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt[10] bestehen umfassende Querbezüge auf der Ziel- und Maßnahmenebene. In der Umsetzung wird die Anpassung an den Klimawandel z. B. im Bundesprogramm Biologische Vielfalt[11] berücksichtigt. Die besondere Bedeutung des Stadtgrüns sowohl für das Stadtklima als auch die Klimaresilienz von Städten, einschließlich der Gesundheit

---

2 BMI - Bundesministerium des Inneren (2009): Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie).

3 Kritische Infrastrukturen umfassen zum einen technische Basisinfrastrukturen wie Energieversorgung, Informations- und Kommunikationstechnologie, Transport und Verkehr, (Trink-)Wasserversorgung und Abwasserentsorgung und zum anderen sozioökonomische Dienstleistungsinfrastrukturen wie Gesundheitswesen, Ernährung, Notfall- und Rettungswesen, Katastrophenschutz, Parlament, Regierung, öffentliche Verwaltung, Justizeinrichtungen, Finanz- und Versicherungswesen sowie Medien und Kulturgüter (BMI 2009).

4 Vgl. Beschluss der Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) vom 06.02.2013 zum Handlungskonzept der Raumordnung zu Vermeidungs-, Minderungs- und Anpassungsstrategien in Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels.

5 Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung.

6 BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010): Rohstoffstrategie der Bundesregierung – Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands mit nicht-energetischen mineralischen Rohstoffen.

7 Bundesregierung (2012): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm: Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen.

8 BMELV – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2011): Waldstrategie 2020 – Nachhaltige Waldbewirtschaftung – eine gesellschaftliche Chance und Herausforderung.

9 BMELV & BMU – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz sowie Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2013): Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zum Erhalt und Ausbau des CO2-Minderungspotenzials von Wald und Holz sowie zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel (Förderrichtlinie Waldklimafonds) vom 26.06.2013.

10 BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (NBS).

11 BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2011): Richtlinien des Bundesumweltministeriums zur Förderung von Maßnahmen im Rahmen des Bundesprogramms Biologische Vielfalt vom 26.01.2011.

der Stadtbevölkerung, ist im Grünbuch „Grün in der Stadt“[12] identifiziert. Im aktuellen Prozess zur Erstellung des darauf aufsetzenden Weißbuchs können Belange der DAS weiter gestärkt werden. Im Rahmen der Agenda-Prozesse der Hightech-Strategie 2020[13] wurde der Forschungsbedarf zur Anpassung an den Klimawandel für die Nationale Plattform Zukunftsstadt konkretisiert.

„Mainstreaming“ der Anpassung an den Klimawandel erfolgt im nationalen Umsetzungsprozess von EU-Richtlinien, z. B. in ersten Ansätzen bei der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie[14] und insbesondere bei Umsetzung der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie[15]. Zukünftig bietet auch die EU-Richtlinie zur Maritimen Raumordnung[16] einen Handlungsrahmen, um Aspekte der Anpassung an den Klimawandel in den Meeresschutz und in die Küstenentwicklung zu integrieren.

Bei der Umsetzung verschiedener Strategien können sowohl Konflikte als auch Synergien auftreten, wenn sich einzelne Maßnahmen zur Zielerreichung einer Strategie mit einzelnen Maßnahmen einer anderen Strategie sachlich oder räumlich überlagern. Nicht immer sind mögliche Konflikte auf der Maßnahmenebene bereits in den Zielformulierungen verschiedener Strategien erkennbar. Für die Zukunft besteht verstärkter Bedarf, die verschiedenen Strategieprozesse mit Bezug zur Anpassung an den Klimawandel weiter miteinander zu verknüpfen, um dadurch das „mainstreaming“ der Anpassung an den Klimawandel zu verstärken. Zudem wird durch die stärkere Verknüpfung von Strategieprozessen die Vorsorge gegenüber großen Risiken, z. B. starker Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur oder deutliche Zunahme von Extremereignissen, durch den Klimawandel in den Strategien der Bundesressorts gestärkt. Um Strategien künftig stärker miteinander zu verbinden, sind Offenheit, Beteiligung, Transparenz und die Klärung von Verantwortungsbereichen bei der Strategieentwicklung und -umsetzung grundlegend.

B Umsetzung des ersten Aktionsplans Anpassung (2011)

Der 2011 beschlossene APA I unterlegte erstmals die Ziele und Grundsätze der DAS mit spezifischen Anpassungsmaßnahmen der Bundesregierung. Basierend auf vier Handlungsschwerpunkten („Säulen“) haben die Bundesressorts eine Auflistung über geplante und bereits laufende Aktivitäten vorgelegt.

Von den 150 im Aktionsplan aufgeführten Aktivitäten sind 43 bereits abgeschlossen und 78 werden derzeit noch fortgeführt. Einige Maßnahmen wurden bisher nicht durchgeführt (13) oder befinden sich weiterhin in Vorbereitung (10). Die häufigsten Gründe hierfür sind, dass die Vorbereitung und Abstimmung länger gedauert haben als 2011 erwartet oder personelle und finanzielle Kapazitäten fehlen (siehe Tabelle 1)[17].

	gesamt	**Säule 1**	**Säule 2**	**Säule 3**	**Säule 4**
Abgeschlossene Aktivitäten	43	29	4	3	7
Laufende Aktivitäten	78	48	6	0	24
Aktivitäten in Vorbereitung	10	4	2	3	1
Nicht durchgeführt Aktivitäten	13	6	1	6	0
Keine Angaben	6	2	1	1	2

Tabelle 1: Umsetzung APA (Stand Mai 2015)

[12] BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015): Grün in der Stadt −Für eine lebenswerte Zukunft. Grünbuch Stadtgrün.

[13] Bundestags-Drucksache 17/2691 vom 19.07.2010: Hightech-Strategie 2020 für Deutschland; Bundestags-Drucksache 18/2497 vom 08.09.2014: Die neue Hightech-Strategie – Innovationen für Deutschland.

[14] Europäische Gemeinschaft (2000): Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie), vom 22.12.2000.

[15] Europäische Union (2008): Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken.

[16] Europäische Union (2014): Richtlinie 2014/89/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Juli 2014 zur Schaffung eines Rahmens für die maritime Raumplanung.

[17] Die Angaben basieren auf einer Selbsteinschätzung der beteiligten Ressorts. Berücksichtigt ist der Stand Mai 2015. 17 Maßnahmen, die eine Daueraufgabe darstellen bzw. in eine solche überführt wurden, werden als „abgeschlossen“ bewertet.

B 1 Säule 1: Wissen bereitstellen, Informieren, Befähigen

Säule 1 „Wissen bereit stellen, informieren, befähigen und beteiligen“ bildet den Schwerpunkt des APA I und umfasst die informatorischen Instrumente der Bundesregierung. Säule 1 zielt darauf ab, die Akteure der verschiedenen Handlungsfelder in die Lage zu versetzen, die eigene Verwundbarkeit gegenüber dem Klimawandel zu erkennen, zu bewerten und über die Notwendigkeit von geeigneten Anpassungsmaßnahmen zu entscheiden.

Die Anpassung an den Klimawandel ist ein noch recht junges, dynamisches Forschungs- und Politikfeld. Insbesondere Entscheidungen mit langen Zeithorizonten und der Umgang mit regionalen Klimafolgen benötigen verlässliches Wissen und ein gutes Verständnis der Auswirkungen und der Umsetzbarkeit möglicher Maßnahmen. Das spiegelt sich auch im APA I wider, in dem rund sechzig Prozent aller Maßnahmen des APA I der ersten Säule „Wissen bereitstellen, informieren, befähigen und beteiligen“ zugeordnet wurden. Die Aktivitäten sind dominiert von Forschung und Entwicklung in Modellregionen, der pilothaften Anwendung von Maßnahmen, dem Aufbau von Institutionen und Netzwerken sowie der Entwicklung von Methoden und Werkzeugen zur Bereitstellung von Klimaprojektionen. Mit dem Auslaufen vieler großer Forschungs- und Entwicklungsvorhaben gewinnen die Umsetzung in die Praxis und der Übergang in den Regelbetrieb zunehmend an Bedeutung.

Abbildung zeigt den derzeitigen Umsetzungsstand der Säule 1. Sie umfasst insgesamt 89 Maßnahmen. Ein Drittel der vorgeschlagenen Maßnahmen ist bereits abgeschlossen (33 %), über die Hälfte läuft derzeit noch (54 %). Nur ein geringer Anteil der geplanten Aktivitäten (4 %) ist noch in Vorbereitung oder wurde nicht durchgeführt (7 %).

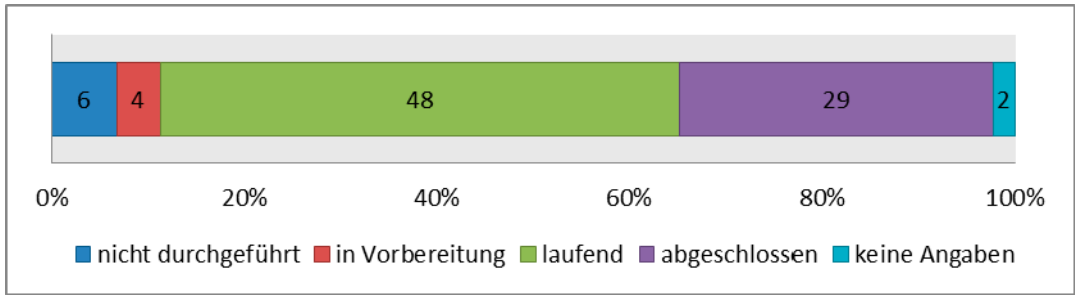


Abbildung 4: Umsetzungsstand der Säule 1, Basis: 89 Maßnahmen.

Der finanziell größte Beitrag erfolgte unter dem Dach des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanzierten Rahmenprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ FONA. Beginnend mit dem Jahr 2008 stellte der Bund im Forschungsprogramm KLIMZUG – „Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“ – insgesamt über 80 Millionen Euro für Verbundprojekte in sieben Regionen Deutschlands bereit. Einen wichtigen Impuls für die Entwicklung von bedarfsorientierten Informations- und Beratungsdienstleistungen zur Unterstützung der Anpassung an den Klimawandel hat der Bund mit dem Aufbau des Climate Service Centers gesetzt. Darüber hinaus wurden über die Ressortforschung des Bundes Anpassungsforschung gefördert und pilothaft Maßnahmen erprobt. Herauszuheben ist hier das Forschungsprogramm KLIWAS[18] des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), welches mit 18,3 Millionen Euro 30 Projekte gefördert und die Auswirkungen des Klimawandels auf die schiffbaren Gewässer in Deutschland untersucht hat, und damit von ressortübergreifendem Interesse ist (siehe Textbox in Kapitel B3). Ferner führte das BMVI ressorteigene Forschungsaktivitäten im Rahmen der Modellvorhaben „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“ (KlimaMORO) sowie von „Adaption der Straßenverkehrsinfrastruktur an den Klimawandel“ (AdSVIS)[19] durch. Im Anschluss an „KlimaMORO“ führt das BMVI derzeit eine Studie zum Thema „Klimawandelgerechter Regionalplan (KlimREG)“ durch. Auch im Gesundheitsressort wurde eine Reihe an Forschungsvorhaben angestoßen.

Aus dem Bereich des BMUB sind in diesem Zusammenhang der Schwerpunktbereich „Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels“ im Umweltforschungsplan und der Förderschwerpunkt „Urbane Strategien

[18] www.kliwas.de.

[19] www.adsvis.de.

zum Klimawandel“ im Förderprogramm ExWoSt (Experimenteller Wohnungs- und Städtebau) besonders hervorzuheben.

Eine inhaltliche Querschnittsauswertung vorgenannter zentraler Forschungsprogramme des Bundes zur Anpassung an den Klimawandel im Hinblick auf Stadt und Region findet sich in Kap. B 5. Hier folgt eine Auswahl an Aktivitäten, die besondere Sektoren bzw. Regionen übergreifende Beiträge für die Umsetzung der DAS geleistet haben. Alle Forschungsvorhaben des APA I sind im Projektkatalog des UBA dokumentiert.

KLIMZUG – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten[20]

Die 2014 abgeschlossene Fördermaßnahme des BMBF hat sieben regionale Netzwerke aus Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft gefördert, die die regionale Anpassungskompetenz gesteigert und die Innovationskraft in den Modellregionen gestärkt haben.

Die Netzwerke haben mit jeweils unterschiedlichen Schwerpunkten ein breites Themenspektrum bearbeitet. Das Netzwerk dynaklim beispielsweise hat in einem integrativen und reflexiven Roadmap-Prozess für die vier Themenfelder „Wassersensible Stadtentwicklung“, „Sichere Wasserversorgung“, „Konkurrierende Wassernutzung“ und „Klimafokussierte Wirtschaftsentwicklung“ konkrete Strategien, Anpassungsmaßnahmen und Handlungsempfehlungen erarbeitet. In KLIMZUG Nord entstanden eine Reihe von Innovationen im Umgang mit Starkregen und Überflutungen, beispielsweise wurde ein voll automatisches Hochwasserschutzsystem entwickelt, KLIMZUG Nordhessen hat praktische Maßnahmen zum Umgang mit gesundheitlichen Herausforderungen des Klimawandels im Pflegebereich erprobt.

Insgesamt hat sich der regionale und inter- und transdisziplinäre Forschungsansatz von KLIMZUG als geeignet erwiesen, um bedarfsorientierte *und* innovative Anpassungsoptionen zu entwickeln und zu verankern. Diesen Forschungsansatz wird BMBF in zukünftigen Fördermaßnahmen weiterentwickeln.

Anpassung an den Klimawandel vor Ort: Ideen- und Kooperationsbörsen[21]

Ziel der Ideen- und Kooperationsbörsen ist es, Raum für einen Ideenaustausch zur lokalen Anpassung an den Klimawandel zu schaffen. Es können konkrete Initiativen und Projekte zu Anpassungs- und Schutzmaßnahmen in freiwilligen Kooperationen vereinbart und entwickelt werden. Das UBA hat drei Pilot-Kooperationsbörsen durchgeführt: Region Küsten (10/2012 in Bremerhaven), Region Oberrheingraben (06/2013 in Karlsruhe) und Region Ruhr (04/2014 in Essen). Insgesamt nahmen knapp 300 Personen an den Veranstaltungen teil. Unter anderem wurden Kooperationen zum Hitzetelefon/ Hitzewarnsystem für vulnerable Gruppen, zur Wasserwirtschaft und zum Check von Klimarisiken für Unternehmen, zu Dachbegrünungen, zur grenzüberschreitenden Vernetzung der kommunalen Anpassung an den Klimawandel und zur Verbesserung des Trinkwasserangebots in Hitzeperioden abgeschlossen. Ein Leitfaden fasst die Erfahrungen zusammen und gibt Tipps für zukünftige Kooperationsbörsen. Das Konzept ist bewusst offen angelegt und kann von anderen Institutionen adaptiert werden.

Modellvorhaben der Raumordnung – Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel (KlimaMORO)[22]

Das Programm (2009-2013) umfasste die Regionen Vorpommern, Havelland-Fläming, Leipzig-Westsachsen, Oberes Elbtal/Osterzgebirge, Mittel- und Südhessen, Nordschwarzwald, Stuttgart und Oberpfalz. Die Modellregionen konnten zeigen, dass die räumliche Planung einen wichtigen Beitrag zur regionalen Anpassung an den Klimawandel leisten kann. Sie erprobten Anpassungsstrategien und brachten Projekte in die Umsetzung. Das „Methodenhandbuch zur regionalen Klimafolgenbewertung in der räumlichen Planung" gibt wissenschaftlich fundierte und gleichzeitig praxisorientierte Empfehlungen zum zielgerichteten Einsatz von Vulnerabilitätsanalysen in der Raumplanung und stellt damit ein fachliches Unterstützungsangebot für Planer zur Anpassung an den Klimawandel dar (siehe auch Kap. E 2).

---

[20] www.klimzug.de/.

[21] www.kooperation-anpassung.de

[22] Abschlussbericht KlimaMORO, BMVBS-Online-Publikation 01/14, Hrsg.: BMVBS, Januar 2014
www.klimastadtraum.de/DE/Service/Veroeffentlichungen/KlimaMORO/klimamoro_node.html
Webseite www.klimamoro.de

B 2 Säule 2: Rahmensetzung durch den Bund

Säule 2 „Rahmensetzung durch den Bund“ beschreibt die Aktivitäten des Bundes bei der Weiterentwicklung der rechtlichen Rahmensetzung zur Integration der Anpassung in allen politischen Handlungsfeldern. Dies umfasst unter anderem die Berücksichtigung von Anpassungserfordernissen im Energieeinsparrecht oder die verbindliche Einbeziehung von Klimadaten in die Risikobetrachtung von Finanzdienstleistungsunternehmen.

Durch die Umsetzung von Aktivitäten der Säule 2 wurde die Integration von Anpassungserfordernissen in die Rahmensetzung des Bundes in den letzten Jahren weiter vorangetrieben. Abbildung zeigt den Umsetzungsstand von Säule 2, welche insgesamt 14 Maßnahmen umfasst. Der Großteil der Maßnahmen liegt hier in der Verantwortung des BMUB, allerdings sind auch weitere Ressorts wie das BMVI, das Bundesministerium des Innern (BMI), das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) oder das Bundesministerium der Finanzen (BMF) beteiligt. Während vier Maßnahmen (29 %) bereits abgeschlossen wurden, befinden sich sechs Maßnahmen derzeit noch in der Bearbeitung (43 %). Zwei Maßnahmen (14 %) sind noch in Vorbereitung und eine Maßnahme wird nicht durchgeführt (7 %).

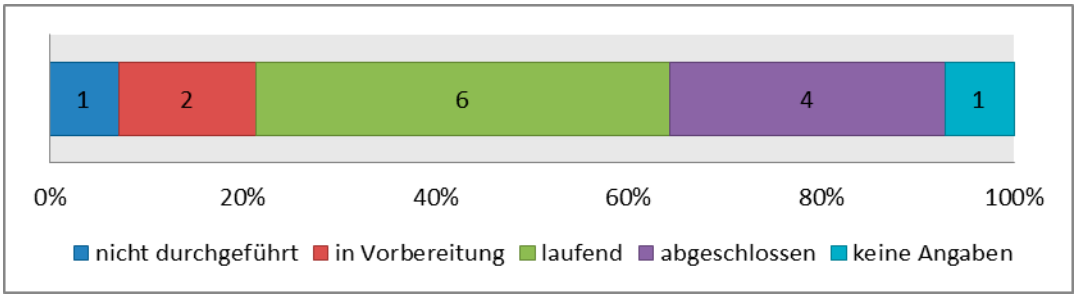


Abbildung 5: Umsetzungsstand der Säule 2, Basis: 14 Maßnahmen.

Änderung rechtlicher Regelungen im Baugesetzbuch

Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel wurden durch Änderungen des Baugesetzbuches zu Planungsleitsätzen erklärt (§1 Absatz 5 Satz 2 BauGB), um deren gestiegene Bedeutung zu betonen. Klimaschutz und -anpassung sind danach in der Bauleitplanung der Gemeinden zu berücksichtigen, um eine nachhaltige städtebauliche Entwicklung zu gewährleisten. Die Anpassung an den Klimawandel wurde durch diese Änderungen erstmals ausdrücklich im Baugesetzbuch erwähnt. Durch Änderungen des besonderen Städtebaurechts wurde zudem deutlich gemacht, dass die Anpassung an den Klimawandel auch im Rahmen des Stadtumbaus (§171a BauGB) und bei der städtebaulichen Sanierung (§136 BauGB) zu berücksichtigen sind. Die Bauministerkonferenz der Länder hat zu den jeweiligen BauGB-Novellierungen in 2011 und 2013 entsprechende Mustereinführungserlasse verabschiedet.[23] Städte und Gemeinden sind nun gefordert, die jüngst verabschiedeten städtebaulichen Regelungen zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel im Rahmen der kommunalen Bauleitplanung umsetzen. Für die Umsetzung in die kommunale Planungspraxis gibt das UBA mit der „Praxishilfe Klimaschutz in der räumlichen Planung“ Hilfestellungen.

Technische Regel zur Anlagensicherheit

Ein Beispiel für die Integration in Regelwerke stellt die Technische Regel für Anlagensicherheit „Vorkehrungen und Maßnahmen wegen der Gefahrenquellen Niederschläge und Hochwasser“ (TRAS 310) der Kommission für Anlagensicherheit dar. Diese konkretisiert die Verantwortung von Betreibern, bei denen gemäß der Störfallverordnung (StörfallV) oder des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) die Gefahr der Freisetzung gefährlicher Stoffe besteht. Um mögliche Klimaänderungen bis 2050 bei der Planung von Schutzvorkehrungen und -maßnahmen zu berücksichtigen, wird ein Klimaänderungsfaktor von 1,2 auf die für 2010 ermittelten Intensitäten von Flusshochwassern, Sturzflutereignissen sowie Starkniederschlägen angewandt. Hinsichtlich Sturmflutereignissen ist eine Nacherhöhung der Sollhöhe von Deichen von bis zu einem Meter möglich. Darüber hinaus wird die TRAS 310 alle fünf Jahre auf Aktualisierungsbedarf überprüft, um insbesondere neuen Erkenntnissen zu den Auswirkungen des Klimawandels Rechnung tragen zu können[24].

[23] www.bauministerkonferenz.de/verzeichnis.aspx?id=993&o=759O986O993.

[24] Vgl. www.kas-bmu.de/publikationen/tras_pub.htm.

Förderprogramme zur Anpassung an den Klimawandel

Die Anpassung an den Klimawandel wurde 2011 als Fördertatbestand in das Förderinstrument der Nationalen Klimaschutzinitiative in der sogenannten Kommunal-Richtlinie integriert. Die etablierte Förderung kommunaler Klimaschutzkonzepte wurde um die Möglichkeit der Entwicklung integrierter Anpassungs- und Klimaschutzkonzepte sowie von Teilkonzepten zur Anpassung ergänzt. Weiterhin legt das BMUB seit 2012 ein Förderprogramm speziell zur Anpassung an den Klimawandel auf. Gefördert werden hier Projekte, welche die Anpassungsfähigkeit regionaler oder lokaler Akteure stärken. Das Förderprogramm soll Multiplikatorwirkung entfalten. Es zielt deshalb auf Einrichtungen mit hoher gesellschaftlicher Vorbildfunktion und Öffentlichkeitswirkung ab. Gefördert werden Anpassungskonzepte für Unternehmen, Bildungsmodule sowie kommunale Leuchtturmvorhaben und lokale bzw. regionale Kooperationen. Antragsberechtigt sind Kommunen, Unternehmen, Verbände, Vereine, Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, Stiftungen und vergleichbare Einrichtungen.[25]

B 3 Säule 3: Aktivitäten in direkter Bundesverantwortung

Säule 3 „Aktivitäten in direkter Bundesverantwortung“ stellt die Anpassungsmaßnahmen des Bundes als Eigentümer von Immobilien, Flächen, Infrastruktur oder als Bauherr dar. Beispielsweise wird die Bundesregierung bei Neubau und Sanierung ihrer Liegenschaften künftig prüfen ob die Gebäude – neben der Reduzierung von CO_2-Emissionen – auch an die Folgen des Klimawandels angepasst werden müssen.

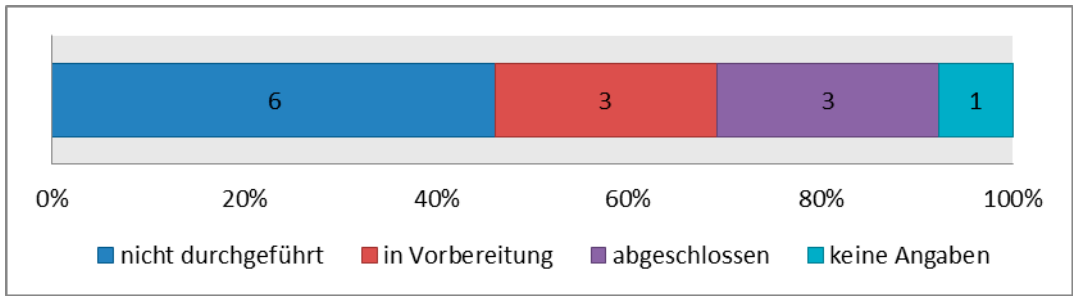


Abbildung 6: Umsetzungsstand der Säule 3, Basis: 13 Maßnahmen.

Der Großteil der Maßnahmen in Säule 3 liegt in der Verantwortung des BMVI beziehungsweise nach dem veränderten Ressortzuschnitt für das Thema Bauen nun im BMUB. Wie Abbildung zeigt, sind von den 13 Maßnahmen, die unter Säule 3 fallen, drei bereits abgeschlossen und drei weitere befinden sich in Vorbereitung (je 23 %). Sechs Maßnahmen (46 %) konnten bisher nicht durchgeführt werden. Dies ist unter anderem auch auf fehlende Kapazitäten und Prioritätensetzungen zurückzuführen. Der Bund spielt in der Anpassung an den Klimawandel auch als Investor und Betreiber eine wichtige Rolle, bspw. bei Errichtung und Unterhalt von Infrastrukturen, Bauprojekten und dem Management von Liegenschaften. Der Bund muss, gerade auch im Sinne des effektiven Umgangs mit öffentlichen Geldern, mögliche Risiken des Klimawandels antizipieren und geschaffene Werte schützen. Die Auswertung des APA I zeigt: Anpassungsmaßnahmen in der Eigenverantwortung des Bundes erfolgen bisher meist fachbezogen zu speziellen Fragestellungen. Oft hindern methodische Probleme und fehlende Kapazitäten die Umsetzung. Zumindest ersteres kann künftig durch stärkeren ressortübergreifenden Austausch verbessert werden.

[25] Vgl. www.ptj.de/folgen-klimawandel.

KLIWAS – Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt Entwicklung von Anpassungsoptionen

Das Forschungsprogramm KLIWAS (2009 – 2013) des BMVI hat über fünf Jahre, mit einem Budget von 18,3 Millionen Euro, in 30 Projekten neue Methoden und Werkzeuge entwickelt, um die Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt mit einem gesamtheitlichen Blick auf das Gewässersystem wissenschaftlich fundiert beurteilen zu können. Dadurch kann für einige Fragestellungen und Regionen bereits in einer neuen Qualität über den Anpassungsbedarf befunden werden.

Die Wasser- und Schifffahrtverwaltung des Bundes (WSV) hat KLIWAS von Beginn an aktiv begleitet, weil sie konzeptionell und operativ verantwortlich für Betrieb, Unterhaltung sowie Ausbau der Bundeswasserstraßen ist. Eine zielorientierte Zusammenarbeit fand dabei von der Konzeption der Forschungsthemen über die Ausführung (z. B. Daten- und Wissensbereitstellung, Unterstützung bei Feldarbeiten) bis hin zur Diskussion und Bewertung der erzielten Ergebnisse statt. Die ständige Praxisnähe der beteiligten Ressortforschungseinrichtungen des BMVI (Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG, Bundesanstalt für Wasserbau, BAW, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, BSH, Deutscher Wetterdienst, DWD) sowie die enge Vernetzung als Verbund spielten für den Erfolg des Forschungsprogramms eine wesentliche Rolle. Das Vorhaben wurde von den Ressortforschungseinrichtungen des BMVI über eine Geschäftsstelle bei der BfG koordiniert und von einer Lenkungsgruppe im BMVI geführt.

Eine derartige Zusammenarbeit zwischen Ressortforschung und einer flächendeckenden Infrastrukturverwaltung des Bundes mit eindeutigem Nutzen für die Praxis ist erstmalig in einem so großen Umfang in der Forschungs- und Behördenlandschaft durchgeführt worden.

KLIWAS arbeitete mit über 100 Kooperationspartnern aus wissenschaftlichen Einrichtungen in Deutschland und Europa zusammen. Das heißt, dass die externe Wissenschaftslandschaft gemeinsam mit den Ressortforschungseinrichtungen des BMVI und mit der WSV für deren operative Bedürfnisse forschte und somit entscheidende Forschungsgrundlagen für die Praxis erzeugte.

Neben dem Blick in die Zukunft hat KLIWAS mit seinen vielfältigen Projektthemen auch zu einem verbesserten Systemverständnis der schiffbaren Gewässer in Deutschland beigetragen. Dies betrifft Aspekte des Wasserhaushalts, des Sedimentmanagements, der Gewässergüte, der Uferunterhaltung, der Gewässerhygiene, oder auch der Verwendung von Wasserbaumaterialien, die in die Unterhaltungs- und Entwicklungskonzepte der WSV einfließen. Für die Nordsee wurden mit der erstmalig durchgeführten regionalen Koppelung von Atmosphären- und Ozeanmodellen die Klimaprojektionen verbessert.

Die Ergebnisse von KLIWAS haben grundlegende Bedeutung für die Gewässer in Deutschland und damit auch für viele andere Handlungsfelder der DAS. Der Ansatz, die Wasserstraßen als System integral zu betrachten und eine Bandbreite von Projektionen auf den Ebenen der Modellkette herzustellen bzw. überhaupt ein Bewusstsein dafür in der wissenschaftlichen Anpassungsdiskussion zu schaffen, war ein innovatives Merkmal von KLIWAS. Dies hat dazu geführt, dass die Akzeptanz wissenschaftlicher Ergebnisse zur Anpassung an den Klimawandel in der Verwaltung und bei politischen Entscheidungsträgern verbessert sowie geeignete Methoden zur Analyse der Vulnerabilität weiter entwickelt wurden.

KLIWAS ist damit ein Leuchtturmvorhaben der Bundesregierung, in der Umsetzung der DAS und des APA I, von ressortübergreifender Bedeutung. Der Abschlussbericht des BMVI sowie die Berichte der einzelnen Projekte sind unter www.kliwas.de im Internet verfügbar. KLIWAS konnte nicht alle Regionen und Fragestellungen (z. T. auch neu erkannte) behandeln, sodass dafür eine Fortführung der Forschungsaktivitäten erforderlich ist. Einige offene Fragen können in einem gerade neu entstehenden Expertennetzwerk aus Ressortforschungseinrichtungen des BMVI in einem verkehrsträgerübergreifenden Kontext behandelt werden. Darüber hinaus stellt die Etablierung der entwickelten Methoden als regelmäßiges Angebot von Klima- und Gewässerprojektionen in Deutschland sowie zum Monitoring von Klimawandel und Anpassungsfortschritten die Ressortforschungseinrichtungen vor eine neue Herausforderung.

B 4 Säule 4: Internationale Verantwortung

Säule 4 „Internationale Verantwortung“ beschreibt den Beitrag der Bundesregierung bei der Umsetzung internationaler bzw. europäischer Verträge und Richtlinien zur Anpassung an den Klimawandel, wie sie sich z. B. aus dem „Cancun Adaptation Framework“ der UN-Klimarahmenkonvention ergeben. Dazu zählen anpassungsrelevante Aktivitäten im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit, die Internationale Klimaschutzinitiative (IKI) oder finanzielle Beiträge zum UN-Anpassungsfonds (Adaptation Fund), zum Sonderfonds Kli-

mawandel (SCCF), zum Fonds für die am wenigsten entwickelten Länder (LDCF), zum Strategischen Klimafonds (SCF) oder zur Globalen Umweltfazilität (GEF), welche Anpassungsmaßnahmen in Entwicklungsländern fördern.

Die Verwundbarkeit gegenüber dem Klimawandel ist in vielen Entwicklungsländern besonders hoch, und die Möglichkeiten zur Anpassung sind für diese oft eingeschränkt. Es entspricht daher der internationalen Verantwortung Deutschlands, gerade in diesen Entwicklungsländern einen Beitrag zu leisten, um Vulnerabilitäten zu minimieren und Anpassungskapazität zu schaffen, zu erhalten oder zu verstärken. Aus diesen Gründen spielt das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) bei der Umsetzung der Säule 4 des APA I eine zentrale Rolle. Weitere Ressorts wie das BMUB, BMBF, BMEL und BMWi sind beteiligt. Deutschland nimmt seine Verantwortung für Klimawandelanpassung im internationalen Kontext beispielsweise durch finanzielle Beiträge in internationalen Fonds, bilaterale Unterstützung im Rahmen der entwicklungs- oder umweltpolitischen Zusammenarbeit (insbesondere über die Internationale Klimaschutzinitiative; siehe folgende Box) oder den Aufbau von Institutionen in anderen Staaten (capacity building) wahr (zum Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel in den UNFCCC-Klimaverhandlungen s. Kap. C 2 sowie F 2.8).

Säule 4 ist mit 34 Maßnahmen, in denen zum Teil eine Vielzahl von Einzelprogrammen enthalten ist, die zweitumfangreichste Säule des APA I. Ein Großteil der Maßnahmen (71 %) läuft derzeit noch, da es sich meist um langfristig angelegte Aktivitäten handelt. 21 % der Maßnahmen sind bereits abgeschlossen.

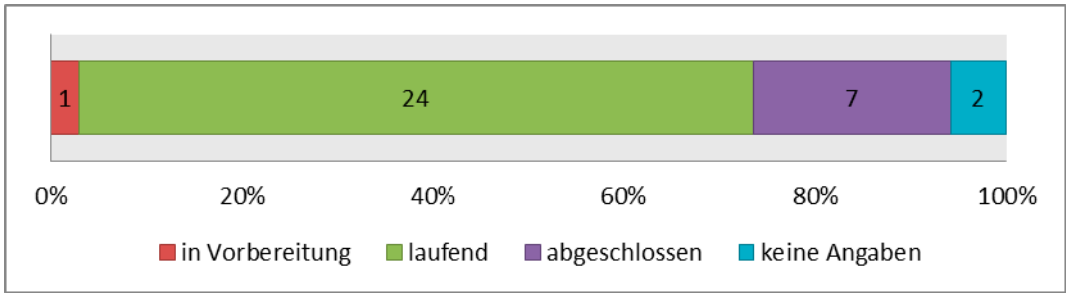


Abbildung 7: Umsetzungsstand der Säule 4, Basis: 34 Maßnahmen.

Internationale Klimaschutzinitiative[26]

Die IKI des BMUB finanziert gezielt Klima- und Biodiversitätsprojekte in Entwicklungs- und Schwellenländern sowie in den Transformationsstaaten. Die IKI stellt explizit Treibhausgasminderung, Anpassung an den Klimawandel, Walderhalt/REDD+ und den Schutz der biologischen Vielfalt in den Vordergrund. Auf den Bereich Anpassung entfällt etwa ein Sechstel der IKI-Förderung. Seit dem Start der IKI im Jahr 2008 hat das BMUB allein bis Dezember 2014 über 440 Projekte und Programme mit einem Fördervolumen von mehr als 1,6 Milliarden Euro zugesagt. Durch zusätzliche Eigenmittel der Projektdurchführenden sowie weitere öffentliche und private Finanzierungsquellen steigt das Gesamtvolumen der IKI-Projekte auf über 5,1 Milliarden Euro.

Das UBA hat bis Ende 2013 eine externe Evaluierung der IKI durchführen lassen.[27] Die Einzelevaluierungen von insgesamt 115 bereits abgeschlossenen Projekten aus den ersten Förderjahren zeigen überwiegend positive Ergebnisse: Die Projekte trugen signifikant zum Klimaschutz, zur Steigerung der Anpassungsfähigkeit bzw. zum Erhalt der biologischen Vielfalt bei. Darüber hinaus erzeugen einige besonders innovative Leuchtturmprojekte eine hohe Sichtbarkeit in den Partnerländern und/oder im internationalen Klimadialog.

Die Empfehlungen der Evaluierung, die Ziele des Programmes vor dem Hintergrund der zur Verfügung stehenden finanziellen Ressourcen, der Vielfalt der Themen und der förderbedürftigen Länder zukünftig zu konzentrieren, wurden zwischenzeitlich aufgegriffen: Hierzu gehört eine thematische Fokussierung in den Schwerpunktbereichen der IKI, die Abbildung von übergreifenden Querschnittsthemen (Finanzsektor, nachhaltige Stadtentwicklung) sowie die Einführung eines umfassenden und systematischen Wissensmanagementsystems. Das Monitoringsystem der IKI wurde auf eine neue Grundlage gestellt.

[26] www.international-climate-initiative.com/de/.

[27] www.UBA .de/publikationen/evaluierung-der-internationalen.

B 5 Verbundforschung zur Klimaanpassung in Stadt und Region – Ergebnisse einer Querauswertung

Seit 2008 wurden zahlreiche Forschungsverbünde und -projekte des Bundes zur Anpassung an den Klimawandel von verschiedenen Ministerien initiiert und durchgeführt (siehe Kapitel B1). Die Klimafolgenforschung des Bundes hat eine Vielzahl meist praxiserprobter Forschungsergebnisse erbracht. Dabei ist Klimaanpassung vor allem eine Aufgabe für Kommunen und Regionen.

Um dieses erzeugte Wissen in seiner Wechselwirkung zu erschließen, wurde im Auftrag des BMUB, vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) eine „Querauswertung" von zentralen Verbundvorhaben des Bundes (siehe Kapitel B1) zur Anpassung an den Klimawandel mit Fokus auf Stadt- und Regionalentwicklung durchgeführt. Zwischen 2014 und 2015 wurden dazu zwölf Forschungs- und Förderprogramme mit 55 Einzelvorhaben aus dem Zuständigkeitsbereich von fünf Ressorts analysiert und hinsichtlich zentraler fachübergreifender und fachspezifischer Erkenntnisse (z. B. Aussagen, Botschaften, Erfahrungen, Empfehlungen) und Werkzeuge (z. B. Leitfäden, Handbücher, Checklisten) ausgewertet. Vorläufiges Fazit der querschnittsorientierten Auswertung von Bundesforschungsvorhaben ist, dass die Schaffung von Handlungsgrundlagen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels seit dem APA I deutlich vorangebracht werden konnte und das Wissen um Klimaanpassung auch belastbarer ist. Dies gilt insbesondere für Regionen und Kommunen, die als Fallstudien in den Bundesforschungsvorhaben eingebunden waren und nun über bessere Informationsgrundlagen zu den Klimafolgen, zur Bewertung der Vulnerabilität, zu den Prozessen der Klimaanpassung, zu formellen und informellen Instrumenten und nicht zuletzt über eine gute Praxis verfügen. Aus den Erfahrungen und den identifizierten Erfolgsfaktoren und Hindernissen können nun erfolgversprechende Handlungsansätze auf andere Städte und Regionen übertragen werden. Damit soll Klimaanpassung breitenwirksam bei den Akteuren und Planungsprozessen verankert und in der planerischen Abwägung wie auch der politischen Abstimmung gestärkt werden.

Erkenntnisse der Anpassungsforschung im Hinblick auf Stadt und Region

Die Querschnittsauswertung der Forschungs- und Förderprogramme hat folgende übergreifende Aussagen bzw. Schlussfolgerungen erbracht:

- Klimafolgenprävention wird vielerorts bereits betrieben, ohne dass es als Anpassung an den Klimawandel bezeichnet wird: insbesondere beim Hochwasserschutz, der Grünentwicklung, Vermeidung von Versiegelung oder der Hitzevorsorge.
- Bestandteil einer integrierten Stadtentwicklung: Klimaanpassung wird dort, wo sie aktiv aufgegriffen wird, als Querschnittsaufgabe verstanden und als eine langfristige Investition zur Risikominderung und Verbesserung der Lebensqualität in den Kommunen angesehen.
- Ressourcenmangel: Während große Städte in der Lage sind, zeit- und kostenaufwendige Klima- und Vulnerabilitätsanalysen durchzuführen, fehlt es den kleinen Kommunen oft an den finanziellen und personellen Ressourcen zur Initiierung eines Anpassungsprozesses.
- Handeln unter Unsicherheit möglich: In den Projekten und Modellvorhaben ist die Entwicklung, Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen auch unter Unsicherheiten gelungen (v.a. über „no-regret„ bzw. „low-regret" Strategien).
- Handlungsdruck noch gering: In den meisten Regionen Deutschlands besteht (noch) kein starker Handlungsdruck. Die Vorstellung einer geringen Betroffenheit führt zu mangelndem Problembewusstsein bei der Anpassung bestehender Strategien, Normen, Überzeugungen und Verhaltensweisen.
- Den idealtypischen Anpassungsprozess („one size fits all") gibt es für Regionen und Kommunen so gut wie nicht, da diese sehr unterschiedliche Ausgangs- und Rahmenbedingungen besitzen. Jedoch gibt es grundlegende Phasen zur Klimaanpassung: Klimawandel verstehen, Betroffenheit ermitteln und Klimafolgen bewerten, Maßnahmen entwickeln und umsetzen, Umsetzung von Maßnahmen verbessern und beobachten.
- Handlungsbereiche der DAS: Für Handlungsbereiche der DAS, insbesondere Küstenschutz, Hochwasservorschutz/-vorsorge, Starkregen, Hitzeschutz und Trockenheit wurden zahlreiche gute Beispiele systematisiert und deren Erkenntnisse sowohl in themenspezifischen wie auch handlungsfeldübergreifenden Broschüren für Kommunen und Regionen zusammengestellt.

- Angebote des Bundes werden angenommen: Die Förderprogramme und Modellvorhaben zur Anpassung an den Klimawandel wurden von den beteiligten Akteuren angenommen. Klimaanpassung spielt in der Planungspraxis, außer in den Modellvorhaben und –Kommunen, dennoch eine bisher eher untergeordnete Rolle.

Beispiel: Anpassung an Starkregenereignisse in Städten

Starkregenereignisse in Städten gefährden aufgrund unkontrolliert oberflächlich abfließenden Wassers oder überlasteter Kanalisation Bewohner, materielle Güter und Infrastrukturen.

Die Querauswertung der Bundesforschungsvorhaben zeigte, dass viele Städte der Überflutungsvorsorge mehr Aufmerksamkeit schenken. Eine wassersensible Stadtentwicklung erfordert neben der konventionellen Regenwasserbewirtschaftung zunehmend Ansätze der multifunktionalen Flächennutzung, damit Wasserrückhalt statt rasche Ableitung erfolgen kann. Anforderungen des städtischen Wassermanagements werden dabei mit städtebaulichen Anforderungen verbunden. Im Projekt RISA (Hamburg) wurde im Stadtteil Neugraben-Fischbek ein Regenspielplatz realisiert, der zusätzlich zur klassischen Funktion eines Spielplatzes einen Beitrag zur Entwässerung des Stadtteils liefert, indem auf dem Gelände eine Flutmulde verläuft über die das Regenwasser zum Sickergraben und in ein Brunnenschutzgebiet fließt. Im Projekt KLAS (Bremen) wurde die Grundsanierung eines Kanals mit der Neuordnung des Straßenraums und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel verbunden (z. B. Schaffung von Rückhalteräumen für Niederschlagswasser im Straßenraum, Anlage von Flächen zur Teilversickerung von Oberflächenwasser und Neupflanzung von Bäumen). Im Projekt Wassersensible Stadtentwicklung wurde in Herne eine als Parkplatz genutzte Fläche als Wasserplatz umgestaltet, um die Überflutungssituation in der Innenstadt nach Starkregenereignissen zu verbessern. Diese Anpassungsmaßnahmen zeichnen sich auch dadurch aus, dass sie in behördenübergreifender Kooperation entwickelt und umgesetzt sowie die Bevölkerung eingebunden worden ist.

Quellen: BBSR (Hrsg.) 2015: Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. Bonn; Deutscher Städtetag (Hrsg.) 2015: Starkregen und Sturzfluten in Städten. Eine Arbeitshilfe. Berlin/Köln.

Werkzeuge der Klimaanpassung für Städte und Regionen

Eine umfangreiche Anzahl an Werkzeugen, Leitfäden und Methodenhandbüchern sind in den Forschungsvorhaben des Bundes für die verschiedenen Phasen des Anpassungsprozesses entwickelt worden. Damit können die Regionen und Kommunen bei der Ermittlung von Klimaänderungen und Klimafolgen, Anpassungsmöglichkeiten und Implementations- und Umsetzungsstrategien unterstützt werden (z. B. Tatenbank, Klimalotse, Stadtklimalotse, Klimanavigator u.a.m.). Insgesamt wurden 64 Werkzeuge identifiziert (Bericht auf www.klimastadtraum.de abrufbar): zur Klimafolgenbewertung, zur guten Praxis und Anpassungsunterstützung, zu Methoden, Verfahren und Instrumenten, zu Klimafunktionen und Klimafolgen, zu Maßnahmen sowie zu regionalen Beispielen. Werkzeuge können in verschiedenen Formaten und Typen vorkommen (z. B. Leitfaden, Handbuch, Expertise, Fallstudie, Checkliste, online-Tool).

Es ist notwendig, die vielfältigen Informationen zielgerichtet aufzubereiten und zugänglich zu machen. Hier gilt es, die Ergebnisse aus den vielen Bundesforschungsvorhaben über zentrale Plattformen zu bündeln, bereit zu stellen und Initiativen für einen Transfer des Wissens zu schaffen. Die Werkzeuge können die Anpassungsplanung und entsprechende Entscheidungsprozesse unterstützen, aber nicht ersetzen.

Verbesserungspotenziale in Kommunen und Regionen

Einige generelle Empfehlungen der Querauswertung richten sich insbesondere an die Akteure auf der kommunalen und regionalen Ebene:

- Verbesserung der Verwaltungskooperation: In Städten ist die Zusammenarbeit zwischen den Fachbehörden zu verbessern. Darüber hinaus sind kommunale Schlüsselakteure und ein Management für die Klimaanpassung wichtig.
- Langfristaufgabe: Entsprechend gilt es die Organisation des Anpassungsprozesses in der Kommunalverwaltung institutionell zu verankern.
- Verbindliche Regeln: Regelungen und politische Entscheidungen sind schneller/vermehrt zu treffen und verbindlich zu formulieren.

- Kommunale Kooperationsnetzwerke verstetigen durch Gestaltung von dauerhaften und selbsttragenden Netzwerken, den dafür geeigneten Partizipationsformen und zielgruppengerechten Kommunikationsstrategien.
- Investive Mittel sind für die Umsetzung konkreter Anpassungsmaßnahmen erforderlich. Eine Reihe von Maßnahmen zur Klimaanpassung können kostengünstig umgesetzt werden (etwa helle Oberflächen, Abschattungen u.a.m.).
- Kommunikation: Nicht nur die negativen, auch die positiven Folgen der Klimaanpassung sind zu kommunizieren.
- Hot-Spots: Sensitive Bevölkerungsgruppen und Einrichtungen sollten stärker bei der Klimaanpassung berücksichtigt werden.
- Anpassungs-Mainstreaming: Es gilt, Klimaanpassung in alle Handlungsbereiche zu integrieren (mainstreaming). Unter anderem wird ein „Andocken“ an laufende Planungsverfahren, eine stärkere Anbindung an etablierte Fachthemen, -gebiete und Instrumente (z. B. Landschaftsrahmenplanung, Landschaftsplan, Flächennutzungsplanung, Bauleitplanung) und die Integration von Anpassungsmaßnahmen in die Städtebauförderung sowie eine Verknüpfung mit anderen gesellschaftlichen Wandelprozessen und Handlungsfeldern in Stadt und Region vorgeschlagen (z. B. Energiewende, Klimaschutz, demographischer Wandel, Strukturwandel).

B 6 Aktivitäten der Länder

Die Länder haben seit 2011 auf vielfältige und unterschiedliche Weise die Anpassung an den Klimawandel aufgegriffen:

- Durchführung und Auswertung von Forschungsvorhaben;
- Weiterentwicklung oder Neuaufstellung politischer Strategien bzw. Maßnahmenpläne mit unterschiedlichem Grad an Verbindlichkeit;
- Initiierung und Umsetzung von (Pilot-)Projekten;
- Einrichtung von Kompetenzzentren;
- Veranstaltung von Regionalkonferenzen.

Bei der Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen ist die Berücksichtigung der regionalen Besonderheiten im Hinblick auf Klimaänderungen, Klimafolgen und Vulnerabilitäten von zentraler Bedeutung. So wirken sich die Folgen des Klimawandels in Flächenländern insbesondere in der Forst- und Landwirtschaft sowie auf die Wasserwirtschaft aus. In Stadtregionen sind vor allem die Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit von großer Bedeutung. Weiterhin sind die Zuständigkeiten von Bund und Ländern sowie die der jeweiligen kommunalen Verwaltungsebenen bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu beachten. Auf lokaler Ebene wird eine Vielzahl an Aktivitäten gefördert, die das Thema Klimawandel in lokalen Entscheidungen berücksichtigen und konkrete Maßnahmen umsetzen. Eine wichtige Vorreiterrolle spielen dabei Modellvorhaben, die durch den Bund unterstützt wurden. Die Finanzierung erfolgte insbesondere aus den Förderprogrammen KLIMZUG (BMBF) und KlimaMORO sowie KlimaExWoSt (BMVI) des ersten Aktionsplans. Diese Modellvorhaben sind inzwischen ausgelaufen. Sie haben eine ganze Reihe an Erkenntnissen und Erfahrungen geliefert (siehe Kapitel B 5 und E 2), auf denen Länder und Kommunen jetzt aufbauen können.

Um die Herausforderungen des Klimawandels zu bewältigen, entstanden in einigen Ländern in den letzten Jahren Institutionen, die sich eigens mit Anpassung an den Klimawandel befassen, wie beispielweise das Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen in Rheinland-Pfalz, die Thüringer Klimaagentur und das Fachzentrum Klimawandel Hessen. Aufgabe der Länderfach- beziehungsweise Kompetenzzentren ist es, die lokalen Entscheidungsträger aus unterschiedlichen Sektoren gezielt anzusprechen, zu sensibilisieren, zu beraten und ihnen spezifische Information für ihre Entscheidungen bereit zu stellen und zielgruppengerecht aufzuarbeiten.

Die Aktivitäten der einzelnen Bundesländer und der länderübergreifenden Initiativen sind zahlreich und vielfältig. Um einen Eindruck über die Mannigfaltigkeit der Tätigkeiten zu vermitteln werden nachfolgend beispielhaft einige ausgewählte Maßnahmen beschrieben. Eine ausführlichere Darstellung mit kommentierten

Links und Literaturverweisen sowie Auflistung der wichtigsten Institutionen und Ansprechpartner finden sich auf der Webseite des Kompetenzzentrums Klimafolgen und Anpassung im UBA.

In **Baden-Württemberg** wurde die Erarbeitung einer Anpassungsstrategie 2013 gesetzlich verankert. Auf der Grundlage wissenschaftlicher Gutachten wurde 2015 eine Anpassungsstrategie für 9 Handlungsfelder mit 76 Empfehlungen für Maßnahmen verabschiedet. Mit dem Programm KLIMOPASS „Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg“ werden seit 2011 Projekte zu angewandten Forschungsfragen und Modellprojekte gefördert. Ziel ist es, den Klimawandel mit seinen Folgen sowie Möglichkeiten für Anpassungsmaßnahmen ressortübergreifend zu untersuchen und insbesondere auch in Kommunen sowie in kleinen und mittleren Unternehmen Anpassungsmaßnahmen zu initiieren. Ein weiterer wichtiger Schwerpunkt in Baden-Württemberg ist das Kooperationsvorhaben KLIWA (Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft) in Zusammenarbeit mit den Ländern Rheinland-Pfalz und Bayern sowie dem Deutschen Wetterdienst (DWD), die bereits seit 1999 besteht. Im Rahmen des Kooperationsvorhabens werden Veränderungen des Klimas auf den Wasserhaushalt untersucht und nachhaltige wasserwirtschaftliche Vorsorgekonzepte entwickelt. Weiterhin werden in Zusammenarbeit dieser drei Bundesländer Untersuchungen zum Thema Bodenerosion in kleineren und mittleren Einzugsgebieten im Rahmen des Teilprojektes „Bodenabtrag durch Wassererosion in Folge von Klimaveränderungen“ durchgeführt. Ein gutes Beispiel für die länderübergreifende Zusammenarbeit ist auch das Projekt KLIMPRAX (Klimawandel in der Praxis), welches unter der Projektleitung des Fachzentrums Klimawandel **Hessen** des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG), in Kooperation mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD), dem Landesamt für Umwelt, (LfU Rheinland-Pfalz) sowie dem Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen, regionale Auswirkungen des Klimawandels in der Region Mainz-Wiesbaden und mögliche Anpassungsmaßnahmen erarbeitet.

Mit dem Programm „Bayern klimasicher machen“ führt der **Freistaat Bayern** vielfältige Maßnahmen durch, um sich frühzeitig an die Folgen des Klimawandels anpassen zu können. Dazu zählen unter anderem das Hochwasserschutz-Aktionsprogramm 2020plus, das darauf zielt das Hochwasserrisiko in Bayern zu reduzieren sowie die Bergwaldoffensive und die Waldinitiative Ostbayern, welche die Anpassung der Bergwälder in den Alpen sowie in den ostbayerischen Mittelgebirgen unter Einbindung der betroffenen Akteure fördert. Im Naturschutz werden Biotopverbunde gestärkt. Zum Schutz der Bevölkerung betreibt Bayern verschiedene Frühwarnsysteme, unter anderem in den Bereichen Hitze und Unwetterwarnung in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst, und im Bereich Infektionskrankheiten mit dem Robert-Koch-Institut. Des Weiteren ist der Ausbau von Hinweiskarten zu Georisiken und alpine Naturgefahren für ganz Bayern vorgesehen (GEORISIK Kataster). Die Gestaltung der Stadtnatur ist Thema verschiedener Projekte im „Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung“, die modellhaft in Zusammenarbeit mit Kommunen und Partnern der Bayerischen Klimaallianz umgesetzt werden. Das interaktive Tool „Klimacheck“ zeigt insbesondere kleinen Kommunen Anpassungsbedarf auf. Auch die Entwicklung unternehmerischer Handlungsoptionen und die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen in der Wirtschaft werden weiter vorangetrieben.

Bereits 2010 wurde in **Rheinland-Pfalz** das Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen als zentrale Dienstelle eingerichtet. Zu den Aufgaben des Kompetenzzentrums gehören die Pflege, Vertiefung und Erweiterung des Klimawandelinformationssystems Rheinland-Pfalz (kwis-rlp), die Betreuung und Erweiterung eines Klimawandelnetzwerkes sowie die wissenschaftliche Analyse und Bewertung der Klimawandelfolgen in prioritären Handlungsfeldern, einschließlich der Ableitung von Anpassungsoptionen zur Entscheidungsunterstützung. Neben der Beteiligung an länderübergreifenden Kooperationsvorhaben wie KLIWA (siehe oben) werden in Rheinland-Pfalz verschiedene kommunale Projekte zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels gefördert. Im Rahmen des Vorhabens „Klimawandel - Speyer folgen“ wurde beispielsweise die Entwicklung von praxisnahen lokalspezifische Lösungen für die Stadt Speyer, die durch ihre Lage im Oberrheingraben bereits heute stärker von Hitze und Hochwasser betroffen ist als andere Städte in Rheinland-Pfalz, unterstützt.

Wald- und forstwirtschaftliche Anpassungsstrategien nehmen im **Saarland** einen großen Stellenwert ein, dabei wird ein Waldumbau mit stabilen Mischbeständen angestrebt, der eine größere Widerstandsfähigkeit gegen Extremwetterereignisse aufweist. Neben der Steuerung der Baumartenzusammensetzung ist die Zusammensetzung des Bodens sowie eine nachhaltige Nährstoff- und Wasserversorgung ein relevanter Faktor und muss berücksichtigt werden.

Nordrhein-Westfalen hat als erstes Bundesland ein Klimaschutzgesetz verabschiedet (2013), welches sowohl konkrete Vorgaben für die Reduktion von Treibhausgasen setzt, als auch die Anpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels als Ziel verankert. Aufbauend auf der Anpassungsstrategie aus dem Jahr 2009 wurde vor der Grundlage des Gesetzes, im Rahmen eines breiten Beteiligungsverfahrens, der sogenannte „Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen“ mit konkreten Strategien und Maßnahmen erarbeitet. Im Sommer

2015 wurde der Plan durch das Kabinett beschlossen und dem Landtag vorgelegt. Der Klimaschutzplan umfasst insgesamt 66 Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in insgesamt 16 Handlungsfeldern (z. B. Landwirtschaft, Tourismus, Industrie & Gewerbe, Wasserwirtschaft, Stadtentwicklung, Katastrophenschutz, u.a.). Einen starken Fokus setzt Nordrhein-Westfalen auf die klimagerechte Stadt der Zukunft. Hierzu wurden mehrere Vorhaben initiiert. Wie Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in Städten und Ballungsräumen konkret aussehen können, zeigen z. B. das „Handbuch Stadtklima“ oder die Ergebnisse des vom Landesumweltamt in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdient, der Stadt Köln und den Stadtentwässerungsbetrieben Köln durchgeführten Projekts „Klimawandelgerechte Metropole Köln“. Im Rahmen der „Aktion Klima^{plus}“ haben verschiedene Kommunen in ländlich geprägten Räumen, auf Basis eines Wettbewerbsverfahrens beispielhaft gezeigt, wie sich Konzepte und Maßnahmen des Klimaschutzes und der Klimafolgenanpassung auf lokaler Ebene umsetzen lassen. Mit Hilfe ausgewählter Indikatoren dokumentiert das Landesumweltamt NRW (LANUV) die Folgen des Klimawandels in NRW. Ziel dieses „Klimafolgenmonitorings“ ist es, Auswirkungen des Klimawandels auf Natur, Mensch und Umwelt frühzeitig zu erkennen, um angemessen Vorsorge treffen zu können.

In **Niedersachsen** wurde 2013, die im Rahmen eines gesamtgesellschaftlichen Prozesses erarbeitete Niedersächsische Anpassungsstrategie verabschiedet. Wesentlicher Bestandteil ist eine systematische Betrachtung aller potenziellen negativen und positiven Auswirkungen des zu erwartenden Klimawandels in Niedersachen sowie die schrittweise Ableitung einer Vielzahl von konkreten Optionen für Anpassungsmaßnahmen in den 19 Handlungsfeldern. Darauf aufbauend hat die Landesverwaltung eine klimapolitische Umsetzungsstrategie entwickelt, die 390 Maßnahmen in Landesverantwortung beschreibt und den zeitlichen Rahmen für deren Umsetzung aufgezeigt. Die Koordinierung und Begleitung der Umsetzung erfolgt durch einen Interministeriellen Arbeitskreis „Niedersächsische Klimapolitik" (IMAK). Im Juni 2015 hat das Kabinett den „Umsetzungsbericht zu den Empfehlungen der Regierungskommission Klimaschutz" verabschiedet und damit auch die Schwerpunkte der Klimafolgenanpassung in Niedersachsen hervorgehoben. Dies sind unter anderem der Forschungsverbund Klimafolgenforschung in Niedersachsen (KLIFF), sowie das Forschungsprojekt Globaler Klimawandel - wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland (KLiBiW). Weitere Schwerpunktmaßnahmen sind die Einrichtung einer Hochwasservorhersage-Zentrale in Hildesheim, der vorbeugende Küstenschutz mit Einführung eines Vorsorgemaßes für Küstenschutzbauwerke, die Anpassung der Katastrophenbekämpfung, das Wassermanagement, und insbesondere die Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen trockener Standorte, der Gesundheitsschutz sowie die Intensivierung des Waldumbaus.

Im Jahr 2011 hat **Schleswig-Holstein** mit dem „Fahrplan Anpassung an den Klimawandel“ den Prozess dargestellt, wie eine Strategie für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels für Schleswig-Holstein erarbeitet werden kann. Als besonders klimasensitive Handlungsfelder wurden dabei für das Land Schleswig-Holstein die Bereiche Boden, Grundwasser, Meeresökologie, Küstenschutz, Landwirtschaft, biologische Vielfalt und Forstwirtschaft identifiziert. Als Land zwischen den Meeren wird Schleswig-Holstein insbesondere durch den Anstieg des Meeresspiegels infolge des Klimawandels betroffen sein. Mit der Fortschreibung des Generalplans Küstenschutz 2012 hat das Land grundlegende Weichenstellungen getroffen, um die Sicherheit der schleswig-holsteinischen Küstenbewohner vor den Angriffen des Meeres zu gewährleisten. Eingeflossen sind unter anderem neue Erkenntnisse zum Klimawandel und seinen möglichen Konsequenzen. Wesentliche Maßnahmen zur Anpassung sind die Einführung eines landesweit einheitlichen Sicherheitsstandards für Landesschutzdeiche und das „Konzept Baureserve“ für Deichverstärkungen. Im Juni 2015 wurde von der Landesregierung die Strategie für das Wattenmeer 2100 verabschiedet. Ziel der Strategie ist die langfristige Erhaltung des Wattenmeeres in seinen Funktionen für Küstenschutz und Naturschutz in Zeiten des Klimawandels. Neben dem Anstieg des Meeresspiegels ist weiterhin mit einer Veränderung der Niederschlagsverhältnisse zu rechnen. Dies kann zu zusätzlichen Belastungen der Entwässerungsanlagen in den Küstenniederungen führen. Die dafür vom Marschenverband Schleswig-Holstein eingesetzte Arbeitsgruppe „Niederungen 2050“ entwickelt für diese Problematik Lösungsansätze, die von einer Erhöhung beziehungsweise Optimierung des Betriebes von Speicherräumen, über veränderte Nutzungskonzepte bis hin zur Anpassung von Gewässern, Sielen und Schöpfwerken reichen. Die 3. Regionalkonferenz des Bundes und der norddeutschen Küstenländer am 5. Juni 2014 in Lübeck hat neuere Ergebnisse geliefert, die Anpassungsstrategie für Schleswig-Holstein zu erweitern und den bestehenden „Fahrplan Anpassung an den Klimawandel“ zu aktualisieren. Erstmals wurde 2015 im Bildungszentrum für Natur, Umwelt und ländliche Räume ein Seminar zum Thema „Kommunale Aktionsplänen zur Anpassung an den Klimawandel“ konzipiert, das jährlich fortlaufend weiter geführt werden soll. Ziel ist eine Stärkung der kommunalen Aktivitäten zu Fragen der Klimaanpassung. In dem 2014 neu gefassten Landesplanungsgesetz Schleswig-Holstein wurde erstmals festgeschrieben, dass „die raumrelevanten Inhalte der regionalen und überregionalen Landschaftsplanung sowie die räumlichen Erfordernisse des

Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel bei der Aufstellung von Raumordnungsplänen zu berücksichtigen“ sind. Auch das zurzeit noch in der Aufstellung befindliche neue Landschaftsprogramm Schleswig-Holstein soll entsprechende Aspekte zum Klimaschutz und zur Anpassung beachten. Dies gilt auch für das geplante Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein, in dem zum Beispiel verbindliche Vorgaben für ein Klimafolgenmonitoring vorgesehen sind.

In **Bremen** wurden Maßnahmen zum Umgang mit Starkregen im Zusammenhang mit dem BMUB-geförderten Projekt „KLAS –Klimaanpassungsstrategie Extreme Regenereignisse“ entwickelt und pilothaft umgesetzt. Bei der Neuaufstellung des Flächennutzungsplans und des Landschaftsprogramms der Stadtgemeinde Bremen, die in 2015 in Kraft getreten sind, wurden Belange des Stadtklimas und der Starkregenvorsorge berücksichtigt. So wurde zum Beispiel ein Beiplan „Entwicklungspotentiale zur Anpassung an den Klimawandel“ verabschiedet oder Grünschraffuren eingeführt, die eine besondere Berücksichtigung der Grünfunktion bei Innenentwicklungsmaßnahmen erforderlich machen. Mit Verabschiedung des Bremischen Klimaschutz- und Energiegesetzes (BremKEG) wurde im März 2015 die Klimaanpassung auch gesetzlich verankert. Die Entwicklung einer Klimaanpassungsstrategie des Landes ist darin genauso festgeschrieben wie die Berücksichtigung von Anpassungserfordernissen in städtebaulichen Konzepten.

In **Hamburg** wurde 2009 im Rahmen des Gemeinschaftsprojekts der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt und Hamburg Wasser RISA (**R**egen**I**nfra**S**truktur**A**npassung) Konzepte und Lösungen für einen zukunftsfähigen Umgang mit Regenwasser in einer weiter wachsenden Stadt sowohl unter den Vorgaben eines nachhaltigen Gewässerschutzes als auch des notwendigen Überflutungsschutzes erarbeitet. Es wurden Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung zusammengestellt, die als Grundlage für ein entsprechendes zukünftiges Regelwerk in Hamburg dienen.

In **Mecklenburg-Vorpommern** liegt der Schwerpunkt der inhaltlichen Auseinandersetzung mit dem Thema Anpassung an den Klimawandel in den Bereichen Forstwirtschaft und Wasserwirtschaft. Es ergeben sich unter Anderem neue Aufgaben für die forstliche Standortkartierung (Neubewertung des Regionalklimas unter Berücksichtigung der klimatischen Wasserbilanz und definierten Klimaszenarien sowie weitergehende Differenzierung in der Bewertung der Bodenfeuchte unter besonderer Berücksichtigung des Bodensubstrates). Im Bereich der Wasserwirtschaft wurde geprüft, inwieweit die bisherigen Monitoringprogramme nach der Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ausreichen, um die Auswirkungen des Klimawandels belastbar zu erfassen und zu bewerten. Das gewässerökologisch ausgerichtete Klimamonitoring spielt hier eine wichtige Rolle, um entsprechende Entwicklungen in Zusammenschau mit quantitativen Trends frühzeitig zu identifizieren und reagieren zu können. Darüber hinaus sollen im Zeitraum August 2015 bis Juli 2018 mit dem Projekt KliWaKom (KLImaWAndel in KOMmunen und KOMmunikation), durch EUCC-D (Die Küsten Union Deutschland e.V.) gemeinsam mit dem Verband Mecklenburgischer Ostseebäder (VMO), für ausgewählte Pilotgemeinden Bedarfe und Umsetzungsmaßnahmen für eine Klimawandelanpassung erarbeitet und erste kurzfristige Maßnahmen exemplarisch umgesetzt werden.

Welche Auswirkung der Klimawandel auf die menschliche Gesundheit ausübt wird im Land **Brandenburg** untersucht. Hierfür wird unter anderem die „Gefährdung durch Eichenprozessionsspinner“ gewählt. In welchem Ausmaß Eichenprozessionsspinner-assoziierte Erkrankungen verbreitet sind, wurde anhand von Ärztebefragungen in betroffenen Regionen untersucht. Die Ergebnisse werden auf der Internetseite des Brandenburger Ministeriums für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Frauen und Familie veröffentlicht. Daneben betreibt das Land Brandenburg in Kooperation mit dem Land Berlin und dem Institut für Meteorologie eine geografische Online-Karte zur Standortregistrierung von Ambrosia-Beständen, dem „Ambrosia-Atlas“. Die Pollen der Ambrosia können schwere Allergien bis hin zu Asthma auslösen und gefährden somit die Gesundheit vieler Menschen. Über eine Internetplattform des Landes Brandenburg können sich die Bürger über die Verbreitung der Pollen in der Region informieren. Mit Hilfe der „Ambrosia-App“ können die Bürger aktiv dazu beitragen, die Ausbreitung der Ambrosia einzudämmen. Im Bereich Forschung, Bildung und Wissensbereitstellung zum Thema Klimaanpassung arbeitet das Land Brandenburg eng mit den Forschungseinrichtungen in Berlin und Brandenburg zusammen, unter anderem bei der Erarbeitung deines Klimaatlasses für das 20 Jahrhundert und bei der Analyse von Extremwettereignissen sowie wissenschaftlichen Fragestellungen in den Bereichen globaler Wandel und landnutzungsorientierte Klimafolgenforschung.

In **Berlin** wurden die Ausprägungen und möglichen Auswirkungen des Klimawandels erstmals 2008 in einer PIK-Studie „Klimawandel und Kulturlandschaft in Berlin“ näher untersucht. 2011 wurde ein erster fachübergreifender Bericht zu Wirkungen und Anpassungsoptionen vorgelegt. Im selben Jahr wurde der Stadtentwicklungsplan (StEP) Klima beschlossen, der sich den räumlichen und stadtplanerischen Aspekten des Klimas in Berlin widmet. 2015 hat der Senat ein „Gesetz zur Umsetzung der Energiewende und zur Förderung des Kli-

maschutzes in Berlin“ (Energiewendegesetz) in das Abgeordnetenhaus eingebracht, das unter anderem Regelungen zur Anpassungsplanung und für ein Klimafolgenmonitoring enthält. Mit der Beschlussfassung und Inkraftsetzung wird im I. Quartal 2016 gerechnet. 2014 wurde neben einem Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK), das auch Aspekte der Anpassung an den Klimawandel aufgreift, die Entwicklung eines im Rahmen der KRI geförderten Klimaschutzteilkonzepts „Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ (AFOK) in Angriff genommen. Beide Instrumente werden 2015 fertiggestellt und sollen im Frühjahr 2016 vom Berliner Senat beschlossen werden. 2014 begann die Entwicklung eines Klimafolgenmonitorings zur Beobachtung und Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels in Berlin, das sukzessive ausgebaut wird. Im Jahr 2015 wurde darüber hinaus ein Update des StEP Klima mit den Schwerpunkten „hitzeangepasste und wassersensible Stadtentwicklung“ sowie Planungshinweiskarten zur Sicherung der gesamtstädtischen Klimafunktion erstellt.

Der **Freistaat Thüringen** führt seine Arbeit auf dem Gebiet der Klimaanpassung auf der Basis des „Thüringer Klima- und Anpassungsprogramms“ von 2009 und des „Integrierten Maßnahmenprogramms zur Anpassung an den Klimawandel im Freistaat Thüringen“ von 2013 kontinuierlich und verstärkt fort. Hauptthemen sind dabei die Erarbeitung eines landesweiten Klimafolgen-Monitorings unter Bestimmung eines robusten Indikatorenensembles, vertiefende regionale und sektorale Vulnerabilitätsuntersuchungen, der Erkenntnis- und Methodentransfer an die Kommunen sowie die Konkretisierung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen. Eine wichtige Datengrundlage lieferte dazu eine, im Auftrag des Umweltministeriums in mehrjähriger Kooperation mit der Goethe-Universität Frankfurt/M., durchgeführte Untersuchung zur „Bestimmung des konvektiven Unwetterpotentials über Thüringen“, die 2014 fertiggestellt wurde. Mit den hier gewonnenen Erkenntnissen wurden Risikopotentialkarten für Thüringen erstellt, die unter Beachtung des fortschreitenden Klimawandels der zunehmenden Gefährdung durch Extremwetterereignisse regionale Auftrittswahrscheinlichkeiten zuordnen.

In **Sachsen-Anhalt** werden die Aktivitäten zum Thema Folgen des Klimawandels und der notwendigen Anpassung von der Arbeitsgruppe (AG) Klimawandel begleitet. In Zusammenarbeit mit den betroffenen Ministerien und Fachbehörden, dem DWD, dem UFZ Leipzig, kommunalen Spitzenverbänden, Universitäten und Hochschulen des Landes wurde, auf Basis mehrerer Studien, unter anderem die Vulnerabilitätsstudie 2009 und die Klimafolgenstudie 2012, eine Strategie des Landes zur Anpassung an den Klimawandel erarbeitet, und im Jahr 2013 aktualisiert. Ein Schwerpunkt liegt in der Betrachtung von Auswirkungen von Extremwetterereignissen in den verschiedenen Sektoren der Anpassungsstrategie. Die AG Klimawandel hat ebenfalls Umsetzungsberichte für die Strategie erarbeitet. Ein wesentlicher Aspekt der Anpassungsaktivitäten liegt derzeit in der Transformation der Thematik auf die kommunale Ebene. Dazu gab es mehrere Konferenzen und Schulungen im Land für den Kommunalbereich. Auch wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes eine Internetplattform www.klikominfo.de entwickelt, die Informationen zum Klimawandel in Sachsen-Anhalt, seinen Folgen und Anpassungsoptionen sowie einen Leitfaden zur Erstellung von kommunalen Anpassungskonzepten beinhaltet.

Sachsen hat im Energie- und Klimaprogramm 2012 einen strategischen Schwerpunkt „Betroffenheiten ermitteln, Klimafolgen abschätzen und Anpassungsstrategien entwickeln“ ausgewiesen. In diesem Rahmen wurden bislang beispielsweise sektorale Strategien wie die Landwirtschaftsstrategie oder die Waldstrategie entwickelt. Zudem wurde ein landesweites Klimafolgenmonitoring mit bislang 23 Indikatoren aufgebaut, welches die Auswirkungen des Klimawandels auf die verschiedenen Umweltmedien und Landnutzungen dokumentieren soll. Künftig sollen die Kommunen verstärkt angesprochen werden, um die Belange der Anpassung in ihre Planungs- und Entscheidungsprozesse einzubeziehen, und geeignete Wege dafür entwickeln. Schließlich steht im Zusammenhang mit der Entwicklung weiterer Anpassungsstrategien die bisherige und künftige Entwicklung witterungsbedingter Extreme im Vordergrund, die in erster Linie von Bedeutung für die Klimafolgen sind. Alle fachübergreifenden Aspekte, Planungen und Vorhaben zur Anpassung an den Klimawandel werden in einer ressortübergreifenden AG Klimafolgen erörtert und abgestimmt. Im Landesentwicklungsplan 2013 wurden erstmals die raumrelevanten Erfordernisse zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel als landesweite Vorgaben festgelegt und mit einem Klimacheck auf ihre Wirksamkeit geprüft.

Der Bund – federführend BMUB – führte in Zusammenarbeit mit verschiedenen Ländergruppen eine **Reihe von Regionalkonferenzen** zu spezifischen Anpassungsthemen durch. Das BMUB gab jeweils eine Anschubfinanzierung. Die Konferenzen sollten das Bewusstsein für die Zusammenhänge und Auswirkungen des Klimawandels in der jeweiligen Region bei Entscheidungsträgern und Multiplikatoren stärken sowie Orientierungshilfen für das Handeln von Entscheidungsträgern bereitstellen und damit die Umsetzung der DAS unterstützen und Anpassung an den Klimawandel in den Regionen verankern. Zudem sollten die Regionalkonfe-

renzen die Zusammenarbeit von regionalen Akteuren aus Wissenschaft, Politik, Verwaltung und Verbänden stärken. In den vergangenen Jahren fanden insgesamt 5 solcher Konferenzen mit jeweils etwa 250 bis 450 Teilnehmern statt.

Tabelle 2: Übersicht Regionalkonferenzen

Thema	Küste I	Oberrhein-graben	Küste II	ostdeutsche Trockenregionen	Land- und Forstwirtschaft Norddeutschland
Ort	Hamburg	Karlsruhe	Bremerhaven	Leipzig	Lübeck
Datum	März 2011	März 2012	November 2012	April 2014	Juni 2014

Die Reihe bot eine gute Plattform für die Diskussion der Ergebnisse von Modellvorhaben und ist damit ein Beitrag zur Umsetzung in der Fläche. Die Konferenzen erhielten durchweg eine hohe politische Aufmerksamkeit, hochrangige politische Vertreter wirkten etwa bei Podiumsdiskussionen mit. Bund und Länder werden die Reihe weiterführen und Anstrengungen unternehmen, die Kommunen stärker in die Regionalkonferenzen einzubinden und ihnen die Anpassung an den Klimawandel als wichtige Aufgabe der Daseinsvorsorge darzustellen. Unterschiedliche Ansätze bei den Regionalkonferenzen sind künftig - je nach Rahmenbedingungen und regionaler Situation - sinnvoll und gewünscht.

B 7 Gute Beispiele anderer Akteure

Neben Bund und Ländern haben verschiedene andere Akteure zur Umsetzung des APA I beigetragen. Zum Teil hat der APA I den Anstoß für die Maßnahmenumsetzung gegeben. Die ausgewählten guten Beispiele zeichnen sich durch ein hohes Potenzial von Multiplikationseffekten aus, das heißt sie können weitere Akteursgruppen wie Kommunen, Unternehmen und Verbände sensibilisieren und diese befähigen, ihre Anpassungskapazität zu erhöhen.

Der **Deutsche Städtetag** hat im Jahr 2012 ein Positionspapier „Anpassung an den Klimawandel – Empfehlungen und Maßnahmen der Städte“[28] veröffentlicht. Das Positionspapier stellt einen kompakten Maßnahmenkatalog für die Handlungsfelder Gesundheit, Katastrophenschutz, Stadtplanung, Städtebau, Stadtgrün, Mobilität/ Verkehr, Wasser, Boden sowie Biotop-/ Artenschutz vor. Die im Deutschen Städtetag organisierten Großstädte haben diese Arbeitsgrundlage für die Aufstellung von lokalen Anpassungskonzepten genutzt. Die Arbeitshilfe „Starkregen und Sturzfluten in Städten“[29] dient seit 2015 als weitere spezifische Unterstützung. Zudem bietet die Fachkommission Umwelt des Deutschen Städtetags ein halbjährliches Forum für den multilateralen Austausch der Mitgliedsstädte zu Anpassung an den Klimawandel.

Der **Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches** (DVGW) sowie die **Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.** (DWA) beziehen sich in ihren jeweiligen Aktivitäten auf die Anpassung an den Klimawandel. Die DWA publizierte im Jahr 2013 einen Themenband „Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge“[30] und entwickelte im Jahr 2015 ein entsprechendes Regelwerk (Merkblatt M 119[31]). Der DVGW berichtete verstärkt im Jahr 2014 in seinem Vereinsorgan „DVGW energie | wasser-praxis“ in verschiedenen praxisorientierten Fachaufsätzen zu Anpassung an den Klimawandel[32]. DVGW und DWA vermitteln wasserbezogene Aspekte zum Thema zusätzlich in Foren und Seminaren für ihre Zielgruppen. Auch der **Deutsche Industrie- und Handelskammertag (DIHK)** adressiert, beispielsweise mit seinem Leitfaden „Hochwasserschutz im Betrieb – Risiken erkennen – Richtig handeln“ (2014), die individuelle Vorsorge in Unternehmen[33].

---

28 www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/positionspapier_klimawandel_juni_2012.pdf.

29 Vgl. www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/presse/2015/arbeitshilfe_starkregen_sturzfluten_april_2015.pdf.

30 Vgl. www.dwa.de/dwa/shop/shop.nsf/Produktanzeige?openform&produktid=P-DWAA-9AF8CT.

31 Vgl. www.dwa.de/dwa/shop/shop.nsf/Produktanzeige?openform&produktid=P-DWAA-9XR8B9.

32 Vgl. www.energie-wasser-praxis.de/heftarchiv/06-2014/.

33 Vgl. www.dihk-verlag.de/hochwasserschutz_im_betrieb.html.

Das **Deutsche Institut für Normung** (DIN) hat seit 2012 über die Koordinierungsstelle Umweltschutz den Arbeitskreis Anpassung an den Klimawandel eingerichtet (DIN KU-AK 4). Das Ziel ist die bessere Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels in Normen. Der Arbeitskreis setzt dabei zwei Schwerpunkte: Erstens die Identifikation der Betroffenheit der verschiedenen Normen von möglichen Klimaänderungen und zweitens die Erarbeitung einer DIN SPEC zum Umgang mit Unsicherheiten[34]. Eine Umfrage unter den Normungsgremien sieht Schnittstellen vor allem bei Ökosystemen sowie bei Anlagen und Einrichtungen die besonders den Witterungseinflüssen ausgesetzt sind. Weiterhin werden Wechselwirkungen zum Klimaschutz aufgezeigt, etwa bei der Energieerzeugung und Energieeffizienz in Gebäuden. Am Ende der Arbeiten sollen praxisnahe Umsetzungshilfen für die Normenausschüsse des DIN stehen.

Zwei weitere **DIN SPEC-Dokumente** zur Anpassung an den Klimawandel entstanden aus KLIMZUG-Vorhaben. Das Dokument zu Stakeholder Engagement gibt Handlungsempfehlungen für die effektive Einbindung von Interessensgruppen in Anpassungsprozesse[35]. Ergänzend dazu gibt das Dokument zur Szenarioplanung eine Richtlinie vor, wie Unternehmen die Auswirkungen aktueller Wandelerscheinungen (z. B. Klimawandel, aber auch demographischer oder technologischer Wandel) für ihr Unternehmen identifizieren sowie mögliche Zukunftsbilder entwickeln und geeignete Anpassungsstrategien ableiten können[36].

C EU und Internationales

C 1 EU-Anpassungsstrategie

Die EU-Kommission hat am 16. April 2013 ein Strategiepaket zur Anpassung der Europäischen Union (EU) an den Klimawandel vorgelegt, in dem sie einen Handlungsrahmen für die EU als Ganzes für Anpassungsmaßnahmen an die gegenwärtigen und zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels vorschlägt. Die Schwerpunkte der Strategie liegen in der Förderung und Unterstützung der Anpassungsmaßnahmen der EU-Mitgliedstaaten, der Schaffung einer Grundlage für besser fundierte Entscheidungen über Anpassungsmaßnahmen in den kommenden Jahren und in der Stärkung der Widerstandskraft der wichtigsten Wirtschafts- und Politikbereiche gegen die Auswirkungen des Klimawandels. Das vorgelegte Strategiepaket besteht aus der Kommissionsmitteilung „Eine EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel“ mit einer Bestandsaufnahme zu aktuellen und zukünftigen Auswirkungen, Prognosen, Kosten des Nichthandelns und Mehrwert des Handelns in Bezug auf gegenwärtige und unvermeidbare Folgen des Klimawandels, und ergänzende Begleitdokumente zur Unterstützung der Mitgliedstaaten bei der Erarbeitung eigener nationaler Anpassungsstrategien, aber auch zur Integration von Anpassungsmaßnahmen in andere Sektorpolitiken. Die EU-Kommission verfolgt damit das Ziel, einen Beitrag zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit Europas gegenüber den unvermeidbaren Folgen des Klimawandels zu leisten. Im Kern der Strategie steht die Verbesserung der Vorsorge und des Reaktionsvermögens der EU in Bezug auf die Auswirkungen des Klimawandels auf lokaler, regionaler, nationaler und EU-Ebene. Dabei soll ein kohärentes Konzept für die Anpassung entwickelt und die Koordinierung der Anpassungsmaßnahmen verbessert werden. Zur Erreichung der Ziele sieht die EU-Kommission die Handlungsschwerpunkte bei der Förderung von Maßnahmen der Mitgliedstaaten, fundierterer Entscheidungsfindungen und Maßnahmen zur Klimasicherung („climate-proofing“) in vulnerablen Schlüsselsektoren.

Die Koordinierung der Zusammenarbeit mit den Mitgliedstaaten erfolgt in der Arbeitsgruppe Anpassung im Rahmen des bestehenden Ausschusses für Klimaänderung. Dazu wurden nationale Ansprechpartner in den Mitgliedsstaaten benannt.

Die Europäische Kommission arbeitet derzeit an der Entwicklung eines indikatorenbasierten Anzeigers („score-board“), um den Fortschritt von Prozessen zur Anpassung an den Klimawandel in den Mitgliedsstaaten zu beschreiben. Auf der Grundlage der Ergebnisse des Anzeigers sowie der Berichte gemäß der Monitoring-Verordnung (Monitoring Mechanism Regulation, Art. 16[37]) beabsichtigt die EU-Kommission, 2017 über den Stand der Umsetzung und ggfs. notwendige Korrekturen zu unterrichten. Sollten die Fortschritte für unzureichend erklärt werden, erwägt die EU-Kommission den Vorschlag eines rechtsverbindlichen Instruments. Weiterhin hat die EU-Kommission 2014 ein Normungsmandat zum Thema Anpassung an den Klimawandel

---

[34] Vgl. www.ku.din.de.

[35] Vgl. www.spec.din.de/cmd?level=tpl-art-detailansicht&artid=223284082.

[36] Vgl. www.spec.din.de/cmd?level=tpl-art-detailansicht&artid=206125384.

[37] Regulation (EU) No. 525/2013 of the European Parliament and of the Council on a mechanism for monitoring and reporting greenhouse gas emissions and for reporting other information at national and Union level relevant to climate change and repealing Decision No. 280/2004/EC.

an die europäischen Normungsgremien CEN und CENELEC vergeben. Zur Begleitung der im Mandat vorgesehenen Normungsaktivitäten wurde eine "Climate Change Coordination Group" eingerichtet, an der Deutschland maßgeblich beteiligt ist.

Für Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in Europa stehen verschiedene Finanzierungsinstrumente zur Verfügung. Im mehrjährigen EU- Finanzrahmen (MFR) für den Zeitraum 2014-2020 sind mindestens 20 % der Haushaltsmittel für klimarelevante Projekte und Maßnahmen vorgesehen. Damit wurde der Anteil von derzeit 6 bis 8 % verdreifacht, so dass 180 Milliarden Euro für den Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel in allen maßgeblichen Ausgabebereichen wie Strukturfonds, Forschung und Entwicklung, Landwirtschaft sowie Meerespolitik und Fischerei zur Verfügung stehen.

Mit der Festlegung dieser Mindestförderung werden erhebliche Mittel für die Unterstützung von Programmen und Projekten zur Anpassung an den Klimawandel im Rahmen des europäischen Struktur- und Investmentfonds, dem neuen Forschungs- und Investitionsprogramm Horizont 2020 sowie dem LIFE-Programm für die Mitgliedstaaten und den Regionen und Städten bereitgestellt. Im Europäischen Fond für regionale Entwicklung (EFRE) und im Kohäsionsfonds stellen Investitionen für Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel jeweils eigenständige Förderschwerpunkte dar. Im Bereich Landwirtschaft stehen neben dem Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) spezielle Programme unterhalb des Europäischen Ausrichtungs- und Garantiefonds für die Landwirtschaft (EAGF) im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik für die Finanzierung von Maßnahmen zur Umsetzung von Anpassungsstrategien zur Verfügung.

Weitere EU-Fonds und internationale Finanzinstitutionen wie die Europäische Investitionsbank und die Europäische Bank für Wiederaufbau und Entwicklung unterstützen ebenfalls Aktivitäten der Anpassung an den Klimawandel.

Integration von Anpassungsaspekten in die grenzüberschreitende Zusammenarbeit - Beispiel Flussgebietsmanagement

Auch in den internationalen Flussgebietskommissionen, in denen Deutschland mitarbeitet, werden die Auswirkungen des Klimawandels und mögliche Anpassungsmaßnahmen diskutiert. Die neuen Erkenntnisse aus dem deutschen Forschungsprogramm KLIWAS sind als Grundlage in die jeweiligen Kommissionen eingeflossen. Die Internationale Kommission zum Schutz der Donau (IKSD) hat 2012 ihre Strategie zur Anpassung an den Klimawandel verabschiedet[38]. Die Erarbeitung hat Deutschland als federführender Staat betreut. Auch wenn die Auswirkungen des Klimawandels nicht sicher abgeschätzt werden können, ist eindeutig, dass Auswirkungen auf die Gewässer im Donaueinzugsgebiet durch klimawandelbedingte Veränderungen zu erwarten sind. Aufgrund der Unsicherheiten der zu erwartenden Veränderungen sind als mögliche Anpassungsmaßnahmen vor allem vorbereitende Schritte wie der Aufbau von Vorhersagesystemen, so genannte „no-regret"-Maßnahmen in Bezug auf die Schaffung von Wasserrückhaltebereichen oder die Förderung wassersparenden Verhaltens oder effizienterer Bewässerungsmethoden in der Landwirtschaft identifiziert worden. Die Anpassungsstrategie wird die IKSD bei Bedarf überarbeiten und sie auch zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie und der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie nutzen.

Die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) hat ihre Strategie zur Anpassung an den Klimawandel 2014 verabschiedet[39]. Im Rheineinzugsgebiet liegen langjährige Kenntnisse zu den Auswirkungen der Klimaänderung auf das Abflussgeschehen im Rhein und zur Wassertemperaturentwicklung vor. Mit steigender Lufttemperatur wird von einer Zunahme von Hochwasser-, aber auch von Extremereignissen im Rheineinzugsgebiet ausgegangen, die sich bis zum Ende des 21. Jahrhunderts stärker ausprägen können. Anpassungsmaßnahmen der Wasserwirtschaft sollten nach Meinung der IKSR darauf abzielen, die grundlegenden Schutz- und Nutzungsfunktionen der Gewässer auch in einem veränderten Klima zu gewährleisten. Angesprochen ist hier insbesondere die Wasserwirtschaft und, wenn es sich um Maßnahmen in der Fläche handelt, auch die Raumordnung und Bauleitplanung. Dabei soll die Integration aller vorgesehenen Maßnahmen in den verschiedenen Schutz- und Nutzungssektoren angestrebt werden. Dieses sollte zudem national und grenzüberschreitend (international) erfolgen. Zu den Maßnahmen zählen beispielsweise die Sicherung und Freihaltung überflutungsgefährdeter Flächen in Siedlungsgebieten und der dezentrale Wasserrückhalt oder die Wiederherstellung möglichst naturnaher und damit resilienter Gewässer und die Vernetzung von Lebensräumen. Auch

[38] www.icpdr.org/main/activities-projects/climate-change-adaptation.

[39] www.iksr.org/uploads/media/219_d_02.pdf.

die IKSR wird die Anpassungsstrategie sukzessive fortschreiben und für die Umsetzung der europäischen Gewässerrichtlinien nutzen.

C 2 Anpassung unter der UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC)

Anpassung an den Klimawandel ist im Text der UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC) Bestandteil des Ziels (Art. 2), der Grundsätze (Art. 3), und insbesondere der Verpflichtungen (Art. 4). Dort verpflichten sich die Mitgliedsstaaten unter (e), „bei der Vorbereitung auf die Anpassung an die Auswirkungen der Klimaänderungen zusammenzuarbeiten; angemessene integrierte Pläne für die Bewirtschaftung von Küstengebieten, für Wasservorräte und die Landwirtschaft sowie für den Schutz und die Wiederherstellung von Gebieten, die von Dürre und Wüstenbildung – vor allem in Afrika – sowie von Überschwemmungen betroffen sind, zu entwickeln und auszuarbeiten".

Anpassung hat neben Minderung in den internationalen Verhandlungen über die letzten Jahre an Bedeutung gewonnen. Seit der Klimakonferenz in Durban 2011 (COP 17) wird für das neue Abkommen unter den Oberthemen Minderung, Anpassung, Finanzierung, Technologieentwicklung und -transfer, Kapazitätsaufbau und Transparenz verhandelt. Ob Anpassung neben Minderung auch Teil sogenannter nationaler Beiträge zum zukünftigen Abkommen sein wird, ist den Vertragsstaaten überlassen. Unstrittig ist aber, dass Anpassung an den Klimawandel wesentlicher Bestandteil des Abkommens sein wird.

In den UNFCCC Verhandlungen wird Anpassung vor allem im Verhandlungsstrang zum neuen Abkommen verhandelt, dessen Abschluss für Ende 2015 bei der Klimakonferenz in Paris geplant ist[i40]. Wichtige Instrumente zur Unterstützung von Erfahrungsaustausch und internationalem Handeln sind der „Anpassungsausschuss", die Unterstützung „Nationaler Anpassungspläne" in am wenigsten entwickelten Ländern, und das „Nairobi Arbeitsprogramm". Zudem leisten die folgenden multilateralen Klima-Finanzinstrumente wichtige Unterstützung zur Anpassung an den Klimawandel in Entwicklungs- und Schwellenländern: der Anpassungsfonds (AF), die Globale Umweltfazilität (GEF), der Least Developed Countries Fund (LDCF), der Special Climate Change Fund (SCCF) sowie der Green Climate Fund (GCF).

Der Umgang mit Verlusten und Schäden durch Klimawandel (Loss and Damage) wird im sogenannten „Warsaw International Mechanism on Loss and Damage" bearbeitet. Ein Exekutivkomitee soll Erfahrungen hinsichtlich eines umfassenden Klimarisikomanagements aufbereiten, den fachlichen Austausch fördern und konkretes Handeln vorantreiben.

Im Rahmen der Berichtspflichten der Bundesrepublik Deutschland gegenüber UNFCCC (v.a. Biennial Reports) und EU (jährliche Berichterstattung entsprechend Monitoring Mechanism Regulation, Art. 16) wird ausführlich und detailliert zu den deutschen Beiträgen zur internationalen Klimafinanzierung, aufgegliedert nach den Teilbereichen Minderung von Treibhausgasen und Anpassung an den Klimawandel, berichtet.

D Klimaänderungen, Klimafolgen und Vulnerabilität

D 1 Neue Ergebnisse aus der Klimaforschung: Klimaänderungen und Extremereignisse

In den letzten Jahren haben sich die wissenschaftlichen Erkenntnisse zu den zu beobachtenden und zu erwartenden Klimaänderungen weiter verdichtet. Dies gilt insbesondere für die Entwicklung der Extremereignisse. Im Folgenden werden Resultate der Forschung zu Klimaänderungen und Extremereignissen zusammengefasst. Eine ausführliche Darstellung und graphische Aufbereitung neuer Ergebnisse der Klimaforschung ist als Anhang 1 beigefügt.

Methodische Grundlagen für die Analyse der Klimaentwicklung in der Vergangenheit

Für Deutschland sind seit dem Jahr 1881 für die beiden wichtigsten meteorologischen Größen Temperatur und Niederschlag ausreichend Daten vorhanden, um Veränderungen des Klimas auch in der Fläche detailliert zu bestimmen. Über solch langfristige Auswertungen hinaus ist es in Anlehnung an die Empfehlungen der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) üblich, als Klimareferenzperiode den Zeitraum von 1961–1990 zu wählen, um im Rahmen von statistischen Betrachtungen Veränderungen des aktuellen Klimas zu beschreiben.

[40] Bei Redaktionsschluss (16. November 2015) lagen die Verhandlungsergebnisse der Klimakonferenz noch nicht vor und konnten im Fortschrittsbericht zur DAS nicht reflektiert werden.

Für die Untersuchung von Extremereignissen werden tägliche Messwerte benötigt, die erst seit 1951 zur Verfügung stehen. Da solche Ereignisse aufgrund ihres hohen Schadenspotentials die größte Gefahr für unsere Gesellschaft bergen, wurden trotz der beschränkten Datenverfügbarkeit die bisherigen Änderungen dieser Ereignisse analysiert.

Klimaänderungen in Deutschland in der Vergangenheit und Projektionen für die Zukunft

Für Klimaanalysen auf einer regionalen Skala reichen die Ergebnisse globaler Klimamodelle (GCM) aufgrund ihrer geringen räumlichen Auflösung (ca. 150 km × 150 km) in aller Regel nicht aus. Um Aussagen für regionale Fragestellungen zu erhalten, wurden zusätzlich regionale Klimamodelle (RCM) mit einer räumlichen Auflösung von ca. 25 km x 25 km entwickelt und mit den globalen Modellen verknüpft. Die im Folgenden erläuterten Ergebnisse beruhen auf Analysen aus dem KLIWAS-Ensemble[41].

In den Abbildungen (siehe dazu Anhang 1) werden für Deutschland und angrenzende Flusseinzugsgebiete, basierend auf einem 5 km x 5 km-Gitter, die Änderungen der 30-jährigen Mittelwerte der betrachteten Klimaelemente jeweils für den Zeitraum 2021-2050 („nahe Zukunft“) und für den Zeitraum 2071-2100 („ferne Zukunft“) in Bezug auf den Referenzzeitraum 1961-1990 dargestellt.

Das Jahresmittel der **Lufttemperatur** ist im Flächenmittel von Deutschland von 1881 bis 2013 statistisch gesichert um 1,2 °C angestiegen[42] (Abb. Anhang 1-1). Auch im Vergleich „Klimareferenzperiode (1961-1990) zum aktuellem Bezugszeitraum (1981-2010)“ ist der Mittelwert der Lufttemperatur in Deutschland von 8,2 °C auf 8,9 °C gestiegen. In Deutschland stellt sich der bislang beobachtete Temperaturanstieg überwiegend einheitlich dar. Prinzipiell gilt dies auch für die unterschiedlichen meteorologischen Jahreszeiten. Nur im Winter (Dezember bis Februar) weicht der Wert mit einem Flächenmittel von 1,0 °C etwas deutlicher vom Jahresmittel ab. Die stärkste Erwärmung mit 1,3 °C wurde bisher für das Frühjahr (März bis Mai) registriert. Im Sommer (Juni bis August) und Herbst (September bis November) waren es ebenso wie im Kalenderjahr 1,2 °C. Hinsichtlich der räumlichen Unterschiede reicht die Spanne im Falle der Jahresmitteltemperatur von 1,0 °C bis 1,4 °C, wobei die Erwärmung in den westlichen und südlichen Ländern tendenziell bislang etwas höher und in den nördlichen Ländern sowie in Brandenburg und Berlin etwas geringer ausgefallen ist als im Landesdurchschnitt.

In der nahen Zukunft (2021-2050) ist für das Jahresmittel der Lufttemperatur in Deutschland und den angrenzenden Flusseinzugsgebieten eine Zunahme von mindestens 0,5 °C wahrscheinlich (Abb. Anhang 1-2). Dabei ist eine Temperaturzunahme um mehr als 2 °C für Norddeutschland bzw. 2,5 °C für Süddeutschland jedoch eher unwahrscheinlich. Für den Zeitraum 2071 bis 2100 (Abb. Anhang 1-3) kann eine Erhöhung der mittleren Lufttemperatur von mindestens 1,5 °C und maximal 3,5 °C in Norddeutschland bzw. 4 °C in Süddeutschland als wahrscheinlich angesehen werden.

Im Gegensatz zur Temperatur weisen die beobachteten Änderungen des **Niederschlags** in Deutschland insbesondere jahreszeitlich, aber auch räumlich, deutliche Unterschiede auf. Während die mittleren Regenmengen im Sommer weitestgehend unverändert geblieben sind, ist es insbesondere im Winter signifikant feuchter geworden. In der Summe ergibt sich daher im Flächenmittel von Deutschland seit 1881 ein Anstieg der mittleren jährlichen Niederschlagsmenge von 10,6 %. Während es insbesondere in den nord-westlichen Ländern mit bis zu 16 % in Schleswig-Holstein deutlich nasser geworden ist, nahmen die Niederschlagsmengen von Mecklenburg-Vorpommern bis Sachsen-Anhalt und Thüringen im Jahresmittel nur leicht zu (unter 10 %). In Sachsen ist es im selben Zeitraum sogar geringfügig trockener geworden.

Mit den Ensembleauswertungen der Klimaprojektionen für die Niederschläge zeigt sich für die Zukunft eine Tendenz zur Niederschlagsabnahme in den Sommermonaten, während in den Wintermonaten eine Niederschlagszunahme wahrscheinlich ist (Abbn. Anhang 1-4 und Anhang 1-5 bzw. Abbn. Anhang 1-6 und Anhang 1-7). Für die mittleren Sommerniederschläge lassen die ausgewerteten Klimaprojektionen für die nahe Zukunft (2021 bis 2050, Abb. Anhang 1-4) in Westdeutschland mit etwa 10 % eine geringere und für die ferne

[41] Die Interpretation der Ergebnisse von Klimaprojektionen sollte sich aufgrund von Modellunsicherheiten auf mehrere Modellläufe abstützen. Diese Vorgehensweise wird als Ensembleansatz bezeichnet. Für das Ressortforschungsprogramm KLIWAS (2009-2013) „Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt - Entwicklung von Anpassungsoptionen“ des BMVBS, wurde ein A1B-Ensemble aus 17 Projektionen gebildet, dessen verwendete Klimaprojektionen in der Tabelle Anhang 1-1 aufgeführt sind. Genauere Informationen finden sich unter www.kliwas.de.

[42] Sämtliche Angaben zu Änderungen von Temperatur und Niederschlag sowie den auf diesen Größen basierenden Extremindizes wurden mittels linearem Trend berechnet und werden als statistisch gesichert bezeichnet, sofern sie mindestens das 99 %-Signifikanzniveau erreichen.

Zukunft (2071 bis 2100) eine leichte bis mäßige Abnahme bis maximal 20 % erwarten (Abb. Anhang 1-5). Insbesondere für die nahe Zukunft könnten die mittleren Niederschlagsmengen während der Monate Juni, Juli und August in einigen Regionen im Osten Deutschlands aber auch nahezu unverändert bleiben (Abb. Anhang 1-4). Im Winter muss demgegenüber für die nahe Zukunft (Abb. Anhang 1-6) mit einer Zunahme von bis zu 10 % bzw. für die ferne Zukunft (Abb. Anhang 1-7) auch bis zu 15 % gerechnet werden.

Zur Analyse der Temperaturextreme wurde die Anzahl der heißen Tage mit einer Höchsttemperatur über 30 °C betrachtet. Prinzipiell zeigt sich, dass die Zahl der warmen Extreme bereits zugenommen hat: Seit 1951 hat die Anzahl der heißen Tage im Flächenmittel von Deutschland von im Mittel etwa drei Tagen pro Jahr auf derzeit im Mittel etwa acht Tage pro Jahr zugenommen (Abb. Anhang 1-8). Dieser Anstieg ist trotz der großen Variabilität dieses Index von Jahr zu Jahr statistisch gesichert.

Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist es wahrscheinlich, dass eine Zunahme um 5 bis 10 heiße Tage in Norddeutschland bzw. 10 bis 15 heiße Tage in Süddeutschland nicht überschritten wird (Abb. Anhang 1-10). Für das Ende des Jahrhunderts ist eine maximale Zunahme der heißen Tage um 10 bis 15 Tage (Norddeutschland) bzw. 30 bis 40 Tage (Südwestdeutschland) zu erwarten (Abb. Anhang 1-11).

Zur Analyse der Niederschlagsextreme wurde auf zwei unterschiedliche Indizes für Sommer und Winter zurückgegriffen. Während für die Sommermonate die Anzahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von 20 mm und mehr ausgezählt wurde, wurde für den Winter ein auf- summierender Index, die maximale 5-Tagessumme des Niederschlags, verwendet.

Im Winter haben nicht nur die mittleren Niederschlagsmengen um 28 % zugenommen, sondern auch das Flächenmittel der maximalen 5-Tagessumme ist von im Mittel rund 38 mm zu Beginn des Auswertungszeitraums um ca. 7 mm auf aktuell im Mittel etwa 45 mm angestiegen (Abb. Anhang 1-14). Infolge der großen Unterschiede dieses Index von Jahr zu Jahr ist dieser Anstieg derzeit aber statistisch nicht gesichert. In der räumlichen Betrachtung zeigen sich die größten Änderungen in den nordöstlichen Landesteilen. Hier lagen die Werte der mittleren maximalen 5-Tagessummen im Zeitraum 1954-1973 verbreitet unter 30 mm, teilweise auch unter 20 mm und haben seitdem zumindest leicht zugenommen (Abb. Anhang 1-15).

Die Zahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von 20 mm und mehr im Sommer ist dagegen im Flächenmittel von Deutschland seit 1951 nahezu unverändert geblieben und verläuft somit ebenfalls parallel zu der Entwicklung der mittleren Niederschlagsmengen in den Monaten Juni bis August. Dies gilt ebenso für die räumliche Verteilung, für die über eine auch nur regional und sehr schwach ausgeprägte dekadische Variabilität hinaus bislang keine Änderungen auszumachen sind (Abb. Anhang 1-16).

Die projizierte Änderung der maximalen 5-Tagessummen des Winterniederschlages weist für die nahe Zukunft eine Spanne von Abnahmen um 25 bis 50 mm (geringerer Wandel) bis zu Zunahmen um 125 mm (stärkerer Wandel) auf (Abb. Anhang 1-17). Während die Abnahmen im Wesentlichen entlang des östlichen Schwarzwaldes, im südlichen Alpenvorland und stellenweise in Norddeutschland zu finden sind, treten die stärkeren Zunahmen der 5-Tagessummen von mehr als 50 mm hauptsächlich in den Mittelgebirgen auf. Für die ferne Zukunft (Abb. Anhang 1-18) wird entweder keine wesentliche Zunahme oder eine Zunahme von 50 mm bis stellenweise 100 mm in den Mittelgebirgen und im Bereich der Nordseeküste als „stärkerer Wandel“ projiziert.

Eine Zunahme der Anzahl von Tagen mit sommerlichem Starkniederschlag von mindestens 20 mm von mehr als 4 Tagen, über dem südlichen Schwarzwald von mehr als 6 Tagen, ist für die nahe Zukunft unwahrscheinlich (Abb. Anhang 1-19). Wesentliche Änderungen werden über dem Schwarzwald, dem Bayerischen Wald, in den Alpen sowie über dem südlichen Alpenvorland erwartet.

Für die ferne Zukunft (Abb. Anhang 1-20) wird zumindest über dem Schwarzwald eine Zunahme von mindestens 2 Tagen mit Starkniederschlag erwartet. Als stärkerer Wandel ist diese Änderungsklasse räumlich ausgedehnter, d. h. auch über dem Alpenvorland und stellenweise über den Mittelgebirgen zu finden.

Im Forschungsprojekt KLIWAS wurden für die Nordsee mit einer erstmals durchgeführten regionalen Koppelung von Ozean und Atmosphäre deutlich verbesserte Zukunftsprojektionen erarbeitet. Meerwasser- und Lufttemperaturen steigen in den gekoppelten Projektionen bis zum Ende des Jahrhunderts deutlich an: die Wassertemperatur im Jahresmittel um bis zu +2,5°C, die Lufttemperaturen um bis zu +2,8°C, wobei im kalten Winterhalbjahr die Erwärmung +3°C überschreiten kann. Windrichtung und Windstärke unterliegen einer hohen Variabilität und es gibt aktuell noch keine eindeutigen Trends. Für den Seegang wurden in der östlichen Nordsee ein Anstieg und in der westlichen Nordsee eine Abnahme verzeichnet. Der Meeresspiegelanstieg an den deutschen Küsten ist aktuell noch unzureichend quantifiziert, da er durch die Anteile von abschmelzenden Gebirgsgletschern und kontinentalen Eisschilden großen Unsicherheiten unterliegt.

D 2 Monitoringbericht zur DAS: Beobachtete Klimawirkungen und begonnene Anpassung

Der erste Monitoringbericht zur DAS wurde aufgrund des Kabinettbeschlusses zum APA I erarbeitet. Dieser Erstbericht wurde von der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bunderegierung im Februar 2015 fertiggestellt und ist als eigenständiger Download verfügbar[43]. Deutschland hat damit als einer der ersten EU-Mitgliedstaaten ein Monitoringsystem zur nationalen Anpassungsstrategie entwickelt, mit dem Wirkungen des Klimawandels und beginnende Anpassungsmaßnahmen kontinuierlich beobachtet werden. Die geleistete Entwicklungsarbeit findet Anerkennung sowohl in der EU als auch in der internationalen Diskussion, wie die Aufnahme als Fallbeispiel in Studien der OECD, GIZ und EEA belegt. Der Monitoringbericht zur DAS an den Klimawandel behandelt alle Handlungsfelder der DAS und soll künftig die interessierte Öffentlichkeit und Entscheidungsträger regelmäßig, alle vier Jahre, über bereits beobachtete und gemessene Folgen des Klimawandels und begonnener Anpassungsmaßnahmen informieren. Damit soll der Monitoringbericht den fortschreitenden Klimawandel in den verschiedenen Handlungsfeldern der DAS dokumentieren. Grundlage sind Indikatoren, die auf gemessenen Datenreihen beruhen. Um den aktuellen Wissensstand zu berücksichtigen und die richtigen thematischen Schwerpunkte zu setzen, wurden bei der Entwicklung der Indikatoren Experten aus Bundes- und Landesbehörden, Verbänden und wissenschaftlichen Institutionen in den Entwicklungsprozess eingebunden. Die Indikatoren fassen Entwicklungen auf Bundesebene zusammen. Der Monitoringbericht zur DAS hat in der ersten Fassung vor allem informatorischen Charakter, d. h. er informiert anhand objektiver Messdaten über Wirkungen des Klimawandels über begonnene Anpassung. Für die spätere Weiterentwicklung sind damit auch Referenzpunkte gesetzt, anhand derer zukünftig beobachtbare Entwicklungen rückblickend beurteilt werden können.

Der Monitoringbericht zur DAS

- gibt einen Überblick über ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Folgen des Klimawandels in Deutschland;
- skizziert, ob und wie sich Rahmenbedingungen für gesellschaftliche Aktivitäten durch klimatische Veränderungen verändern und wo die Notwendigkeit zur Anpassung an den Klimawandel besteht;
- stellt dar, welche Aktivitäten und Entwicklungen es heute schon gibt, die eine Anpassung an den Klimawandel unterstützen;
- stellt für Deutschland anhand von gemessenen Daten dar, wie sich relevante Sachverhalte in der Vergangenheit entwickelt haben und gegenwärtig entwickeln.

Der Begriff „Anpassung“ wird dabei weit gefasst: Es werden auch solche Maßnahmen dargestellt, die nicht explizit im Kontext der Anpassung an den Klimawandel entwickelt und umgesetzt wurden. Entscheidend ist, dass solche Maßnahmen nach Einschätzung von Experten aus den jeweiligen Handlungsfeldern die Anpassung an den Klimawandel insgesamt unterstützen.

Eine wesentliche Voraussetzung für das Monitoring ist, dass bestehende Datensätze verwendet werden, die auch zukünftig zur Verfügung stehen. Dies bedeutet, dass das Monitoringsystem nicht alle wesentlichen Entwicklungen abbilden kann, da hierzu nicht immer alle notwendigen Daten und Zeitreihen vorhanden sind bzw. nicht dauerhaft gesichert erhoben werden. Wichtig ist, dass Monitoringsysteme mit Blick auf Klimawirkungen ausgebaut werden, um wesentliche Entwicklungen in den Blick nehmen zu können. Das Monitoringsystem wurde für Fortentwicklung offen gestaltet, um verbesserte Datengrundlagen aufnehmen zu können. Vor jeder Fortschreibung ist die Prüfung von Weiterentwicklungsmöglichkeiten vorgesehen.

Der Monitoringbericht 2015 zur DAS an den Klimawandel zeigt: Der Klimawandel findet auch in Deutschland statt. Dies wird sowohl in kontinuierlichen Veränderungen als auch in der Häufung von klimatischen Extremereignissen sichtbar. Die Jahresmitteltemperatur steigt, und die Vegetationsperiode hat sich von 222 Tagen (1951-1980) auf 230 Tage (1983-2012) verlängert[44]. Im Vergleich beider Zeiträume setzen die charakteristischen Entwicklungsstadien von Wildpflanzen (z. B. Blattentfaltung, Blüten- oder Fruchtbildung, Laubfall) für Frühling, Sommer und Frühherbst früher ein und solche für den Vollherbst, Spätherbst und Winter beginnen später. Die veränderten jahreszeitlichen Witterungsverläufe wirken sich sowohl positiv als auch

---

[43] www.UBA .de/publikationen/monitoringbericht-2015.

[44] Dargestellt im Monitoringbericht 2015: Indikator: „Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten“ (BD-I-1) im Handlungsfeld Biologische Vielfalt. Die Kurzbezeichnung der Indikatoren im Monitoringbericht folgt einer einheitlichen Systematik. Die ersten Buchstaben weisen auf das Handlungsfeld hin, dem der Indikator zugeordnet ist. Die nach einem Bindestrich folgenden Kürzel I = Impact bezeichnen Wirkungs-Indikatoren, R = Response betiteln Indikatoren, die Anpassungen abbilden. Die darauf folgende Zahl steht für die Nummerierung des Indikators im jeweiligen Handlungsfeld.

negativ aus, so erhöht sich z. B. mit der früher eintretenden Apfelblüte das Risiko von Spätfrostschäden[45]. Neben der steigenden Jahresmitteltemperatur zeichnet sich in den zurückliegenden vierzig Jahren auch ein Trend zunehmender Hitze-Extrema ab. Insbesondere die Zahl der „heißen Tage", an denen die höchste gemessene Temperatur 30 °C oder mehr beträgt, hat signifikant zugenommen[46]. Hitzeperioden sind mit gesundheitlichen Belastungen verbunden. Die Fallstudie aus Hessen zeigt, dass es im heißen Sommer 2003 zu einem Anstieg der Todesfälle gekommen ist[47]. Der DWD bietet einen Hitzewarndienst an, dessen Nutzung in den vergangenen Jahren kontinuierlich gestiegen ist[48]. Der Dienst wird von stationären Alten- und Behinderteneinrichtungen zur Vorbereitung von Präventionsmaßnahmen mit Erfolg genutzt[49]. Neben gesundheitspräventiven Maßnahmen sind planerische und bautechnische Anpassungen notwendig, um die Wärmebelastung vor allem in Städten zu mindern[50]. Hitzebelastung wirkt sich nicht nur auf biologische, sondern auch auf technische Systeme aus. Hitze verschlechtert die Wirkungsgrade thermischer Kraftwerke bei der Stromproduktion und kann zu Problemen mit der Kühlwasserentnahme führen[51].

Je stärker Systeme vom Menschen beeinflusst sind, umso schwieriger ist es, klimatische Wirkungen gegen solche aus Nutzungs- oder Bewirtschaftungsveränderungen abzugrenzen. Für die Auswahl der Indikatoren wurden Ursache-Wirkungs-Beziehungen bzw. ihr Beitrag zum Anpassungsprozess mit Experten diskutiert und abgewogen. Mit den ausgewählten Indikatoren werden Themen dargestellt, für die wissenschaftliche Erkenntnisse darauf hindeuten, dass mit Veränderungen der Indikatoren im Zuge des Klimawandels zu rechnen ist bzw. dass die dargestellten Maßnahmen den Anpassungsprozess stärken.

Die natürliche Umwelt ist durch menschliches Handeln schon seit Jahrhunderten verändert worden. Die Fichte wurde in den vergangenen 200 Jahren häufig angepflanzt, weil ihr Holz gut und vielseitig verwertbar ist. Sie ist jedoch wegen ihres flachen Wurzelsystems sturm- und trockenheitsempfindlich und wurde auch an solchen Standorten angebaut, die den Anforderungen nach kühlen und feuchten Bedingungen nicht gerecht wurden. Größere Schadensereignisse wie sie in den letzten zwei Jahrzehnten in Folge der Orkane Vivien, Wibke, Lothar und Kyrill auftraten, sind daher einerseits Folge der Heftigkeit dieser Wetterereignisse, haben ihre Ursache aber auch in der Ausprägung der bewirtschafteten Systeme, die durch den Menschen gestaltet wurden[52]. Hier zeigt sich, dass nicht nachhaltige Wirtschaftsweisen besonders durch den Klimawandel betroffen sind. In der bundesweiten Waldzustandserhebung wird der Kronenzustand von Waldbäumen als Indikator für die Vitalität von Waldbäumen erhoben. Nach besonders heißen und trockenen Jahren werden bei den Hauptbaumarten Eiche, Fichte und Buche deutliche Nadel- und Blattverluste beobachtet. Hier kann in der Fortschreibung der Zeitreihen deutlich werden, ob sich in Zukunft heiße und trockene Jahre mit negativen Wirkungen häufen[53].

Problematische Entwicklungen deuten sich auch bei der Bodenwasserversorgung[54] und beim Bodenabtrag[55] an. Hier sollten angepasste Bewirtschaftungsweisen weiter entwickelt werden, mit denen der Humusvorrat im Boden und die Bodenwasserversorgung gefördert werden kann, um auf Trockenheitsperioden besser vorbereitet zu sein[56]. Einfluss auf die Ausprägung der Indikatoren haben auch beginnende Anpassungsmaßnahmen, sodass die Wirkungen des Klimawandels nicht eindeutig von den Wirkungen der Anpassungsmaßnahmen abgrenzbar sind. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Waldbrandgefährdung und die Entwicklung der tatsächlich

---

45 Monitoringbericht 2015: Indikator: „Verschiebung agrarphänologischer Phasen" (LW-I-1) im Handlungsfeld Landwirtschaft.

46 Monitoringbericht 2015: Indikator: „Hitzebelastung" (GE-I-1) im Handlungsfeld Menschliche Gesundheit.

47 Monitoringbericht 2015: Indikator: „Hitzetote" (GE-I-2) im Handlungsfeld Menschliche Gesundheit.

48 Monitoringbericht 2015: Indikator: „Hitzewarndienst" (GE-R-1) im Handlungsfeld Menschliche Gesundheit.

49 Monitoringbericht 2015: Indikator: „Erfolge des Hitzewarnsystems" (GE-R-2) im Handlungsfeld Menschliche Gesundheit.

50 Monitoringbericht 2015: Indikator: „Wärmebelastung in Städten" (BAU-I-1), „Sommerlicher Wärmeinseleffekt" (BAU-I-2), „Erholungsflächen" (BAU-R-1), „Spezifischer Energieverbrauch der privaten Haushalte für Raumwärme" (BAU-R-2) im Handlungsfeld Bauwesen und Indikator „Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen" (RO-R-4) im Handlungsfeld Raum-, Regional- und Bauleitplanung.

51 Monitoringbericht 2015: Indikator: „Umgebungstemperaturbedingte Stromminderproduktion thermischer Kraftwerke" (EW-I-3) im Handlungsfeld Energiewirtschaft.

52 Monitoringbericht 2015: Indikator: „Gefährdete Fichtenbestände" (FW-I-2) im Handlungsfeld Forstwirtschaft.

53 Monitoringbericht 2015: Indikator: „Waldzustand" (FW-I-7) im Handlungsfeld Forstwirtschaft.

54 Monitoringbericht 2015: Indikator: „Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Flächen" (BO-I-1) im Handlungsfeld Boden.

55 Monitoringbericht 2015: Indikator: „Regenerosivität" (BO-I-2) im Handlungsfeld Boden.

56 Monitoringbericht 2015: Indikator: „Landwirtschaftliche Beregnung" im Handlungsfeld Landwirtschaft und Indikator „Humusvorrat in forstlichen Böden" (FW-R-5).

aufgetretenen Waldbrandfläche. In den letzten zwanzig Jahren haben sowohl die Anzahl als auch die Fläche von Waldbränden signifikant abgenommen. Dieser Effekt ist bei gleichbleibender bzw. sogar in einzelnen Gebieten steigender witterungsbedingter Waldbrandgefährdung eingetreten. Dies macht deutlich, dass die Bemühungen um die Verbesserung der Prävention und eine effektive Waldbrandbekämpfung bisher erfolgreich waren[57].

Der Monitoringbericht soll künftig fortgeschrieben werden. Er liefert Daten über die bereits messbaren klimabedingten Veränderungen in den verschiedenen Handlungsfeldern der DAS, die bei der Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen herangezogen werden können. Auf Basis des Monitoringberichts können zukünftig außerdem Informationen über bereits eingeleitete Anpassungsprozesse für die Evaluierung des DAS-Prozesses herangezogen werden.

D 3 Vulnerabilitätsanalyse

Die Analyse der Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel ist eine anspruchsvolle wissenschaftliche Querschnittsaufgabe. Das BMUB und das UBA haben daher 2011 auf Basis des Kabinettsbeschlusses zum APA I im Auftrag der Bundesregierung, vertreten durch die IMA Anpassungsstrategie, die Aufgabe übernommen, das „Netzwerk Vulnerabilität“ aufzubauen.

Das Netzwerk Vulnerabilität ist ein Netzwerk von 16 Bundesoberbehörden und -institutionen aus neun Ressorts und wird durch ein vom BMUB finanziertes und durch das UBA geleitetes wissenschaftliches Vorhaben unterstützt. Es hatte den Auftrag, eine aktuelle, konsistente, deutschlandweite und sektorenübergreifende Vulnerabilitätsanalyse als Grundlage für eine Priorisierung von Klimarisiken zu erstellen (Aktionsplan Anpassung 2011, S. 20). Das Netzwerk Vulnerabilität besteht seit September 2011. Grundlegend für die erfolgreiche Arbeit des Netzwerks ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit der teilnehmenden Ressortforschungseinrichtungen und Fachbehörden, die über die notwendigen handlungsfeldspezifischen und -übergreifenden Daten, die entsprechenden nationalen Mandate und die Expertise verfügen[58].

Mittels der Vulnerabilitätsanalyse wurden in einem Screeningverfahren deutschlandweit und handlungsfeldübergreifend die Regionen und Systeme identifiziert, die besonders durch den Klimawandel gefährdet, das heißt vulnerabel, sind. Hierfür wurde dem Auftrag der Bundesregierung folgend eine handlungsfeldübergreifende Analysemethodik entwickelt und verwendet. Sie erlaubte es, auf der Basis des durch das Netzwerk Vulnerabilität erhobenen Kenntnisstands mittels eines einheitlichen Vorgehens und einheitlicher Kriterien, handlungsfeldspezifische und -übergreifende Aussagen zu treffen. Diese werden im Folgenden zusammengefasst (ausführliche Darstellung siehe Anhang 2). Sie bilden eine Grundlage für eine zielgerichtete Anpassungspolitik, indem sie Hinweise zu weiteren Handlungserfordernissen geben, und leisten somit einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung des APA II sowie als Orientierung für andere Akteure (siehe Kapitel E und Anhang 3 des Fortschrittberichts). Es liegt in der Natur dieser hochkomplexen und interdisziplinären Aufgabe, dass mit der vorliegenden Vulnerabilitätsanalyse noch nicht alle Aspekte zur Ermittlung und Darstellung der Vulnerabilität in einer für alle Handlungsfelder und für alle betrachteten Zeithorizonte einheitlichen Detailschärfe bearbeitet werden konnten. Daher sind die Erkenntnisse, verwendeten Daten und das methodische Vorgehen regelmäßig zu überprüfen, zu aktualisieren und neue Aspekte einzubringen, um die Vulnerabilität umfassend darstellen zu können (siehe auch Abschnitt 4. Forschungsbedarf).

Die Vulnerabilität wird beeinflusst durch das Klima (Klimasignale[59]), durch die Empfindlichkeit der betroffenen Systeme (Sensitivität) sowie durch deren Möglichkeiten, sich an den Wandel anzupassen (Anpassungskapazität). Der Begriff „Klimawirkung“ beschreibt in dieser Analyse für die Gegenwart die Wirkung des heutigen Klimas auf das heutige System und für die Zukunft die Wirkung des zukünftigen Klimas auf ein zukünftiges System (siehe nachstehende Abbildung).

---

57 Monitoringbericht 2015: Indikator: „Waldbrandgefährdung und Waldbrand“ (FW-I-6) im Handlungsfeld Forstwirtschaft.

58 Vgl. www.netzwerk-vulnerabilität.de.

59 Mit Klimasignale sind die Ausprägung der klimatischen Parameter, wie Niederschlag, in einem Zeitraum gemeint, inkl. Ausmaß und Geschwindigkeit der Klimaänderungen sowie klimatischer Extremereignisse. Hochwasser, Sturzfluten, Sturmfluten und Meeresspiegelanstieg sind Klimawirkungen 1. Ordnung im Handlungsfeld Wasser und Küste. Sie werden in den anderen Handlungsfeldern als Klimasignale benutzt. Unter Sensitivität werden nicht-klimatische Einflussfaktoren oder Eigenschaften verstanden, die ein System empfindlich gegenüber dem Klimawandel machen. Anpassungskapazität ist das aus heutiger Sicht abschätzbare Potential für zukünftige Anpassung. Nur wenn dieses Potential auch für Anpassung eingesetzt wird, wird es die zukünftige Vulnerabilität tatsächlich vermindern.

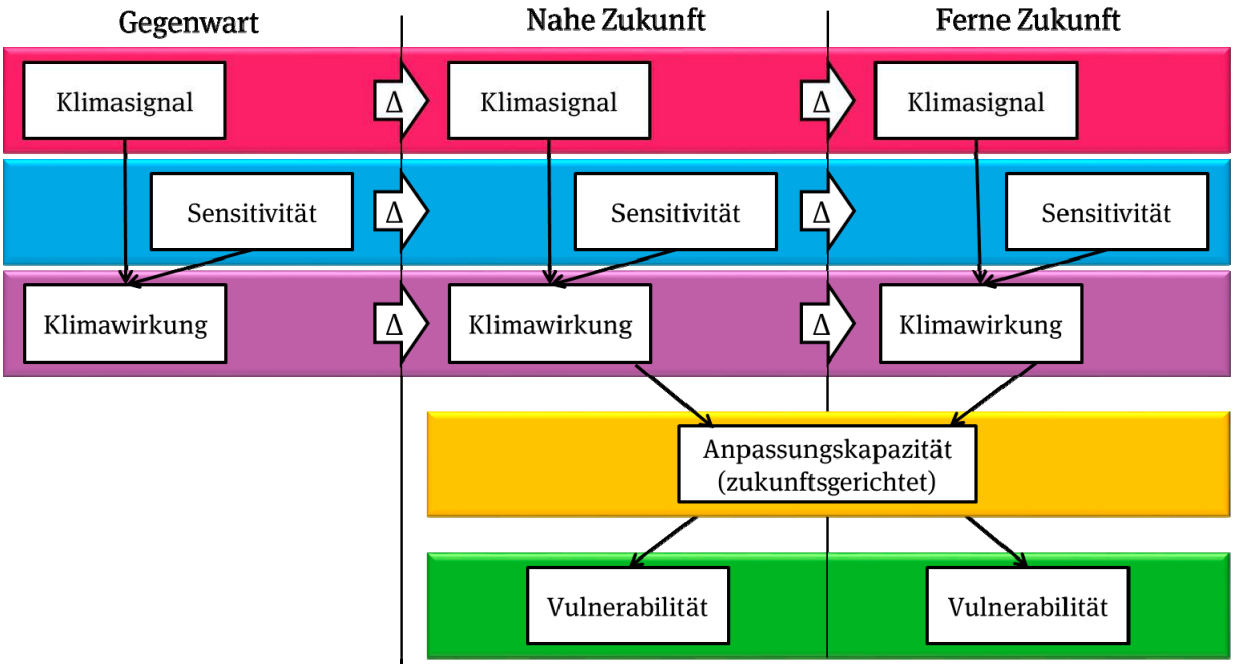


Abbildung 8: Test Vulnerabilitätskonzept des Netzwerks Vulnerabilität

Die Untersuchung erfolgte für die Gegenwart, die nahe Zukunft (2021 bis 2050) und die ferne Zukunft (2071 bis 2100). Um die Bandbreite der zukünftigen klimatischen und sozioökonomischen Entwicklungen abzubilden, wurden zwei klimatische und sozioökonomische Szenariokombinationen für die nahe Zukunft untersucht: starker Wandel und schwacher Wandel. Da sich für die ferne Zukunft die sozioökonomische Entwicklung nur sehr unsicher projizieren lässt, basierte die Einschätzung der Klimawirkung im Zeitraum 2071 bis 2100 nur auf den Klimaprojektionen.

Von den 72 als relevant eingeschätzten Klimawirkungen wurden 16 mittels Wirkmodellen, 23 mittels Indikatoren und 40 mittels Expertengesprächen hinsichtlich der Stärke und – soweit möglich – räumlichen Verteilung der heutigen und zukünftigen Ausprägungen untersucht. Einige Klimawirkungen wurden über verschiedene Methoden operationalisiert.

Quellen von Unsicherheit können auf der Ebene des Systemverständnisses, des gewählten Indikators oder Modells und der verwendeten Daten liegen. Daher wurden für jede Klimawirkung die größten Unsicherheitsfaktoren identifiziert und die Gewissheit[60] abgeleitet. Basierend auf der quantitativen bzw. qualitativen Abschätzung der Klimawirkungen beurteilten die Bundesoberbehörden und -institutionen – unter Berücksichtigung sozialer, ökonomischer, ökologischer, kultureller und flächenmäßiger Kriterien – für jede Klimawirkung, ob diese eine geringe, mittlere oder hohe Bedeutung für Deutschland haben kann.

Bei der Abschätzung der Anpassungskapazität wurden potentiell verfügbaren Ressourcen berücksichtigt, nicht jedoch die tatsächlich vorhandenen wirtschaftlichen und technischen Kapazitäten des Bundes, anderer Institutionen oder einzelner Akteure.

Die Vulnerabilität eines Handlungsfeldes ergibt sich aus der Zusammenfassung der im Netzwerk durchgeführten Bewertung der Bedeutung der Klimawirkungen dieses Handlungsfeldes abzüglich der handlungsfeldspezifischen Anpassungskapazität. Die Aussage zur Vulnerabilität eines Handlungsfeldes beruht auf einer sehr starken Zusammenfassung von Bewertungen und Erkenntnissen unterschiedlicher Qualität und ist daher eine eher grobe Abschätzung.

Durch eine handlungsfeldübergreifende Auswertung der bedeutenden Klimawirkungen wurden die räumlichen und thematischen Schwerpunkte des Klimawandels bestimmt. Auf Basis einer Analyse der Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Handlungsfeldern wurden sechs Cluster gebildet. Die Wechselbeziehun-

[60] Als Gewissheit wird in Anlehnung an IPCC (2007) der Grad des Vertrauens in die Ergebnisse bezeichnet.

gen bilden Kaskadeneffekte ab, d. h. dass Klimawirkungen in einem Handlungsfeld zu Klimawirkungen in einem anderen Handlungsfeld führen, oder berücksichtigen, wenn sich Klimawirkungen in verschiedenen Handlungsfeldern gleichen.

Die bedeutendsten Klimawirkungen und die Vulnerabilität der Handlungsfelder

Im Handlungsfeld „**Boden**“ sind alle analysierten Klimawirkungen bereits in der Gegenwart Realität. Für die nahe Zukunft wurden alle untersuchten klimatischen Auswirkungen bei einem starken Wandel als bedeutsam für Deutschland bewertet. Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt sind bereits heute in einigen Regionen Deutschlands deutlich feststellbar. Beim Szenario „starker Wandel“ kann es in naher Zukunft zu signifikanten Trockenheitseffekten kommen (mittlere bis hohe Gewissheit). Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Bodenaktivität (geringe Gewissheit) sowie die organische Bodensubstanz und den Stoffhaushalt (geringe Gewissheit) werden bereits für die Gegenwart und für die nahe Zukunft angenommen. Erwartet wird, dass sich bei einem weiteren Temperaturanstieg und der damit verbundenen zunehmenden Trockenheit viele Prozesse im Boden bis zum Ende des Jahrhunderts stark ändern. Unter Berücksichtigung der mittleren Anpassungskapazität ergibt sich für das Handlungsfeld Boden eine mittlere Vulnerabilität für die nahe Zukunft.

Im Handlungsfeld „**Biologische Vielfalt**“ wird hervorgehoben, dass sich bei einem starken Wandel invasive Arten mit erheblichen negativen Folgen für natürlich vorkommende Arten, Biotope und Ökosysteme bereits in naher Zukunft stärker als bisher ausbreiten können (mittlere bis hohe Gewissheit). Den anderen ausgewählten Klimawirkungen auf die biologische Vielfalt wird eine mittlere Bedeutung für Deutschland für die nahe Zukunft bei einem starken Wandel beigemessen. Alle Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt können sich in der fernen Zukunft insbesondere durch einen weiteren Anstieg der Temperatur erheblich verstärken. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Anpassungskapazität ergibt sich im Hinblick auf die Ausbreitung invasiver Arten sowie auf die Verschiebung der Vorkommen von Lebensräumen und Arten eine hohe bis mittlere Vulnerabilität. Dagegen besteht bezüglich der Veränderung von Ökosystemleistungen eine geringere bis mittlere Vulnerabilität in naher Zukunft.

Im Handlungsfeld „**Landwirtschaft**“ ist bereits die Verschiebung der agrophänologischen Phasen und der Wachstumsperiode, mit teilweise positiven Effekten für die Landwirtschaft, gegenwärtig bedeutsam für die landwirtschaftliche Praxis und wird voraussichtlich in naher und insbesondere in ferner Zukunft noch an Bedeutung gewinnen (mittlere bis hohe Gewissheit). Insgesamt sind negative Folgen des Klimawandels für die Landwirtschaft in Deutschland vor allem bei einem starken Wandel in naher Zukunft deutlich zu erkennen. Für einige Regionen Deutschlands ergeben sich aus den mittelfristig moderaten Veränderungen des Klimas auch Chancen für positive Effekte auf die Pflanzenproduktion. In Kombination mit einer insgesamt guten Fähigkeit zur Anpassung an klimatische Veränderungen und deren Folgen ist die Vulnerabilität der Landwirtschaft daher als gering anzusehen.

Für das Handlungsfeld „**Wald- und Forstwirtschaft**“ lässt sich festhalten, dass bei einem starken Klimawandel in naher Zukunft alle betrachteten Funktionen und Prozesse deutlich unter dem Klimawandel leiden können. Da viele Klimawirkungen temperaturbeeinflusst sind, kann das Schadenspotential bis Ende des Jahrhunderts nochmals deutlich ansteigen. Dies betrifft insbesondere Nutzfunktionen, wie die Erlöse aus der Holznutzung, die bei einem starken Wandel erheblich zurückgehen können (mittlere bis hohe Gewissheit). Schäden durch Schadorganismen sind bereits heute mit einem deutlichen und in naher Zukunft hohen Gefahrenpotential behaftet (geringe Gewissheit). Das Schadgeschehen wird heute und voraussichtlich auch in naher Zukunft durch Sturmschäden dominiert. Für die Wald- und Forstwirtschaft ergibt sich aufgrund der bereits heutigen Betroffenheit sowie der langen Anpassungszeiten eine mittlere bis teilweise hohe Vulnerabilität für die nahe Zukunft.

Das Handlungsfeld „**Fischerei**“ kann bereits in naher Zukunft hinsichtlich aller untersuchten Auswirkungen deutlich vom Klimawandel beeinträchtigt werden. Bei einem starken Wandel können das Wachstum, die Reproduktion und Sterblichkeit von Fischbeständen sowie das Auftreten gebietsfremder Arten und die Änderung des Artenspektrums zu schwerwiegenden Veränderungen der Fischerei führen (alle geringe Gewissheit). Wenn die projizierte, starke Veränderung des Meeres, hinsichtlich beispielsweise Wassertemperatur, Meeresspiegelanstieg, Strömungsveränderung sowie Seegangerhöhung eintritt, können alle betrachteten Klimawirkungen in ferner Zukunft noch erheblich verstärkt werden. Aufgrund der erwarteten klimabedingten Änderungen beim Fischbestand und der Artenverbreitung und -zusammensetzung sowie der geringen bis mittleren Anpassungskapazität ergibt sich für die Fischerei eine mittlere bis hohe Vulnerabilität für die nahe Zukunft.

Im Handlungsfeld „**Küsten- und Meeresschutz**“ können alle untersuchten Klimawirkungen bereits in naher Zukunft mit hohen Gefährdungen für den Küstenraum verbunden sein: die zunehmende Belastung von Küstenbauwerken und die Gefährdung von Infrastrukturen, die verstärkte Küstenerosion verbunden mit Strand- und Landverlusten sowie steigende Überschwemmungsgefahren durch Sturmfluten (alle geringe Gewissheit). Dies gilt für einen starken Klimawandel bereits in der nahen Zukunft sowie aufgrund des erwarteten steigenden Meeresspiegels verstärkt in der fernen Zukunft. Es ergibt sich für den Küstenschutz aufgrund der hohen Anpassungskapazität eine mittlere Vulnerabilität für die nahe Zukunft. Für die ferne Zukunft wird durch einen verstärkten Meeresspiegelanstieg eine mittlere bis hohe Vulnerabilität angenommen.

Im Handlungsfeld „**Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt**“ sind bereits gegenwärtig die durch Starkregen oder langandauernde, großflächige Niederschläge verursachten Überschwemmungen durch Flusshochwasser, Überflutungen durch Sturzfluten und urbane Überschwemmungen durch Starkregen (alle mittlere bis hohe Gewissheit) bedeutende Wirkungen des Klimawandels mit hohem Schadenspotential für Deutschland. In naher und insbesondere ferner Zukunft können die Häufigkeit und Intensität dieser Ereignisse durch den erwarteten Anstieg der Winterniederschläge und sommerlichen Starkregenereignisse zunehmen. Alle anderen betrachteten Klimawirkungen sind von steigenden Temperaturen und verringerten Niederschlägen, insbesondere durch Trockenheit, verursacht. Hier wird das Gefährdungspotential für die nahe Zukunft nur unter einem starken Wandel als bedeutend eingeschätzt. Diese Gefährdung kann gegen Ende des Jahrhunderts allerdings deutlich ansteigen. Bereits in naher Zukunft können mittlere bis hohe Gefährdungen durch die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft und den Wasserhaushalt bei einer mittleren bis hohen Anpassungskapazität zum Tragen kommen. Zusammenfassend ergibt sich damit für die Wasserwirtschaft und den Wasserhaushalt eine mittlere Vulnerabilität für die nahe Zukunft.

Im Handlungsfeld „**Verkehr, Verkehrsinfrastruktur**“ können alle betrachteten Klimawirkungen in naher Zukunft durch einen starken Wandel deutlich beeinflusst werden: Die im Zuge des Temperaturanstiegs erwartete Verringerung der Tage mit Frost-Tau-Wechseln kann positive Folgen für die Verkehrsinfrastrukturen (Straßen, Schieneninfrastrukturen, Startbahnen, Flugzeuge, Binnenwasserstraßen) haben (alle mittlere bis hohe Gewissheit), während der Anstieg der heißen Tage und – in ferner Zukunft auch - Trockenheit negative Folgen für den Verkehr auf Straße (mittlere bis hohe Gewissheit), Schieneninfrastruktur (mittlere bis hohe Gewissheit) und Schifffahrtsstraßen (geringe Gewissheit) haben würde. Auswirkungen des Klimawandels mit hohem Schadenspotential für die hiesige Verkehrsinfrastruktur sind Überschwemmungen und Unterspülungen von Straßen und Schieneninfrastrukturen durch Flusshochwasser, Sturm- und Sturzfluten (mittlere bis hohe Gewissheit). In ferner Zukunft können diese Schadenspotentiale noch ansteigen. Aufgrund der mittleren bis hohen Betroffenheit und Anpassungskapazität ergibt sich für den Verkehr und die Verkehrsinfrastruktur eine mittlere Vulnerabilität für die nahe Zukunft.

Im Handlungsfeld „**Bauwesen**“ bestehen bereits gegenwärtig bedeutende und zukünftig sogar hohe Gefährdungspotentiale für Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Flusshochwasser und Sturzfluten (mittlere bis hohe Gewissheit). Hitze verursacht bereits heute ein ungünstiges Stadtklima, verbunden mit geringer Luftqualität, und erhöht den Kühlungsbedarf von Innenräumen. Diese Beeinträchtigungen der Lebensqualität können in naher Zukunft und insbesondere zum Ende des Jahrhunderts sehr stark zunehmen (mittlere bis hohe Gewissheit). Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Starkwind werden gegenwärtig sowie zukünftig bei einem starken Wandel als bedeutende Gefährdungen bewertet (geringe Gewissheit). Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Sturmfluten werden in naher Zukunft bei einem starken Wandel im Zuge des Meeresspiegelanstiegs als sehr bedeutend für das Bauwesen eingestuft (geringe Gewissheit). Die Vulnerabilität des Bereichs „Bauwesen“ ist aufgrund der starken Betroffenheit sowie der mittel- bis langfristigen Anpassungszeit als mittel bis hoch einzuschätzen. Sie kann bei einem starken Wandel in ferner Zukunft deutlich zunehmen.

Für das Handlungsfeld „**Industrie und Gewerbe**“ können in naher Zukunft die Beeinträchtigung des landgestützten Warenverkehrs durch klimatisch bedingte Extremereignisse große Auswirkungen auf die wirtschaftliche Leistung haben (mittlere bis hohe Gewissheit). Bereits gegenwärtig besteht die Gefahr einer möglichen Freisetzung von gefährlichen Stoffen durch klimatisch bedingte Extremereignisse (geringe Gewissheit). Die durch Überschwemmungen und Überflutungen erzeugten Schadensgefahren können in ferner Zukunft noch ansteigen. Da Industrie und Gewerbe eine hohe Anpassungskapazität besitzen, wird die Vulnerabilität des Handlungsfeldes trotz der teilweise hohen Schadenspotentiale insgesamt als gering eingestuft.

Im Handlungsfeld „**Energiewirtschaft**“ können durch angenommene technologische Entwicklungen und strukturelle Umgestaltung in der Energiewirtschaft in naher Zukunft die Gefährdungen durch Auswirkungen des Klimawandels im geringen bis mittleren Bereich gehalten werden. Für den Kühlwasserbedarf von thermi-

schen Kraftwerken ist in der Gegenwart ein mittleres Schadenspotential erkennbar (mittlere bis hohe Gewissheit). Die Schadenspotentiale für Kraftwerke und Erzeugungsanlagen können in naher Zukunft deutlich ansteigen (geringe Gewissheit). Der veränderte Bedarf nach Kühl- oder Heizenergie würde bei einem starken Temperaturanstieg die Energiewirtschaft im Sommer belasten (geringe Gewissheit) bzw. im Winter (mittlere bis hohe Gewissheit) entlasten. Aufgrund der hohen Anpassungskapazität und der relativ geringen Auswirkung ist die Vulnerabilität der Energiewirtschaft gegenüber dem Klimawandel insgesamt als gering einzuschätzen.

Für das Handlungsfeld „**Tourismuswirtschaft**“ bedeutet der Klimawandel in Deutschland vor allem, dass sich die Hauptreisezeiten sowie die regionale Nachfrage verschieben (geringe Gewissheit) und die Anforderungen an die touristische Infrastruktur wandeln werden (mittlere bis hohe Gewissheit). Dies kann in Zukunft vor allem die Wintersportregionen vor große Herausforderungen stellen. Die Bedeutung der Klimawirkungen für den Tourismus in Deutschland wird für die Gegenwart oder die nahe Zukunft als gering bis mittel eingeschätzt. Da der Klimawandel in einzelnen Tourismussegmenten, wie dem Wintersport, relativ deutlich spürbar sein wird, ergibt sich bei mittlerer bis hoher Anpassungskapazität für die nahe Zukunft eine geringe bis teilweise mittlere Vulnerabilität für das Handlungsfeld „Tourismuswirtschaft“.

Für das Handlungsfeld „**Finanzwirtschaft**“ in Deutschland werden die Bedeutungen der Klimawirkungen für die Gegenwart und die nahe Zukunft als gering bis mittel eingeschätzt, obwohl die Versicherungswirtschaft von klimatisch bedingten Extremereignissen bereits gegenwärtig betroffen ist. Nur bei einem starken Wandel in naher Zukunft werden bedeutende Klimawirkungen für die Versicherungswirtschaft erwartet (mittlere bis hohe Gewissheit). Aufgrund der hohen Anpassungskapazität der Finanzwirtschaft wird deren Vulnerabilität gegenüber möglichen Folgen des Klimawandels für die nahe Zukunft als gering eingeschätzt.

Für das Handlungsfeld „**Menschliche Gesundheit**“ wurde festgestellt, dass der Klimawandel, insbesondere Hitzeereignisse, bereits gegenwärtig die menschliche Gesundheit erheblich bedroht (mittlere bis hohe Gewissheit). Bei einem starken Klimawandel können Hitzebelastungen (mittlere bis hohe Gewissheit) und Atembeschwerden durch bodennahes Ozon (mittlere bis hohe Gewissheit) bereits in naher Zukunft die menschliche Gesundheit häufiger und stärker als gegenwärtig gefährden. Der Trend der verbesserten Luftqualität führt dazu, dass auch die Ozonspitzenkonzentrationen derzeit nicht ansteigen. Zukünftig sind jedoch bei vermehrter Hitze in Kombination mit starker Sonneneinstrahlung auf Grund photochemischer Prozesse höhere Ozonkonzentrationen zu erwarten. Durch die Ausbreitung bzw. Etablierung von Überträgern von Krankheitserregern wird gegenwärtig wie in Zukunft die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von bestimmten Infektionskrankheiten erhöht (mittlere bis hohe Gewissheit). Eine Überlastung der Rettungsdienste, der Krankenhäuser und Ärzte wird im Zuge des Klimawandels derzeit nicht erwartet. Bis Ende des Jahrhunderts können die Gefährdungen für die menschliche Gesundheit durch steigende Temperaturen noch weiter zunehmen. Zusammenfassend ergibt sich für die menschliche Gesundheit somit eine mittlere bis teilweise hohe Vulnerabilität in naher Zukunft bei einer mittleren bis hohen Anpassungskapazität.

Für das Querschnitt-Handlungsfeld „**Bevölkerungsschutz**“ konnten keine Indikatoren identifiziert werden, mit denen es möglich wäre, bundesweit flächendeckende Aussagen zum Beitrag des Bevölkerungsschutzes zur Anpassungskapazität an den Klimawandel zu treffen. Voraussetzung dafür wäre die gemeinsame Entwicklung von Indikatoren und eine bundesweit und organisationsübergreifend einheitliche Datenerhebung. Da der Bevölkerungsschutz insgesamt ein hohes Niveau hat, ist damit zu rechnen, dass er für die Herausforderungen der Anpassung an den Klimawandel gewappnet ist.

Das Querschnitt-Handlungsfeld „**Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung**“ wurde hinsichtlich seiner Möglichkeiten, die Anpassungskapazität anderer Handlungsfelder zu unterstützen, untersucht, da die Raumordnung durch textliche und zeichnerische Festlegungen in den Regionalplänen großen Einfluss auf die Anpassungskapazität der Gemeinden in allen Handlungsfeldern der DAS hat. Die Analyse der Regionalpläne hinsichtlich der zeichnerischen Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten ermöglicht eine quantitative Bewertung der formalen Anpassungskapazität der Raumordnung: Danach berücksichtigt die Regionalplanung für die Handlungsfelder „Biologische Vielfalt“ und „Menschliche Gesundheit“ (hier vor allem im Bereich des Hitzeschutzes) in vielen Regionen weitgehend die von der Ministerkonferenz für Raumordnung im Jahr 2013 vorgegebenen Anpassungserfordernisse. Mit Blick auf die Handlungsfelder „Küsten- und Meeresschutz“, „Tourismuswirtschaft“, „Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt“ sowie alle Handlungsfelder, die von Flusshochwasser betroffen sind, können die Anpassungsmöglichkeiten der Regionalplanung besser genutzt werden. Besonders beim Thema „Schutz der Berggebiete“ besteht in den Mittelgebirgen Nachholbedarf. Tatsächliche Anpassungsaktivitäten auf der lokalen Ebene sind insgesamt noch eher gering und konzentrieren sich auf wenige Ballungszentren. Aus diesem Grund besteht nach Einschätzung des Netzwerks Vulnerabilität insbe-

sondere in kleineren und mittleren Kommunen weiterhin erhöhter fachlicher und finanzieller Unterstützungsbedarf.

Die Ergebnisse des KlimaMORO[61] und zahlreicher weiterer Vorhaben zeigen, dass die räumliche Planung auf regionaler Ebene mit ihren formellen und informellen Instrumenten einen wichtigen Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel und zum Klimaschutz leisten kann. Gute und innovative Beispiele wie die Erarbeitung von regionalen Anpassungsstrategien oder adäquate Anpassungsmaßnahmen, etwa bei der Ausweisung regionaler Grünzüge als stadtklimatisch relevante Freiräume, bei der Freihaltung hochwassergefährdeter Bereiche und beim Schutz des Wasserhaushaltes vor Trockenheit, haben eine wichtige Vorbildfunktion.

Handlungsfeldübergreifende und räumliche Schwerpunkte

Die zentralen Ergebnisse der vom Netzwerk Vulnerabilität durchgeführten Analysen und Bewertungen können abschließend zu sechs handlungsfeldübergreifenden und räumlichen Schwerpunkten der Folgen des Klimawandels zusammengefasst werden (siehe nachfolgende Abbildung zur regionalen Betroffenheit und den handlungsfeldübergreifenden Folgen des Klimawandels in Deutschland):

1. Schäden durch ansteigende Hitzebelastung in Verdichtungsräumen
   - besonders betroffene Handlungsfelder: Menschliche Gesundheit und Bauwesen
   - räumlicher Schwerpunkt: Ballungsgebiete in warmen Regionen, die sich in Zukunft noch ausdehnen werden;
2. Beeinträchtigung der Wassernutzungen durch zunehmende Erwärmung und (in ferner Zukunft) vermehrter Sommertrockenheit
   - besonders betroffene Handlungsfelder: Boden, Wald und Forstwirtschaft und Energiewirtschaft
   - räumlicher Schwerpunkt: Regionen mit warmem und trockenerem Klima in Ostdeutschland und dem Rhein-Einzugsgebiet;
3. Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Starkregen und Sturzfluten in urbanen Räumen
   - besonders betroffene Handlungsfelder: Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt, Küsten- und Meeresschutz, Bauwesen, Verkehr, Verkehrsinfrastruktur und Industrie und Gewerbe
   - räumlicher Schwerpunkt: Ballungszentren im nordwestdeutschen Tiefland, Mittelgebirge und südwestdeutschen Raum;
4. Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Flussüberschwemmungen
   - besonders betroffene Handlungsfelder: Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt, Bauwesen, Verkehr, Verkehrsinfrastrukturen, Industrie und Gewerbe
   - räumlicher Schwerpunkt: Ballungsräume in Flusstälern des Norddeutschen Tieflands, aber auch Einzugsgebiete des Rheins und der Donau;
5. Schäden an Küsten infolge von (in ferner Zukunft verstärktem) Meeresspiegelanstieg und damit verbundenem erhöhten Seegang sowie steigender Sturmflutgefahr
   - besonders betroffene Handlungsfelder: Küsten- und Meeresschutz, Bauwesen, Verkehr, Verkehrsinfrastruktur sowie Industrie und Gewerbe
   - räumlicher Schwerpunkt: Küste;
6. Veränderung der Artenzusammensetzung und der natürlichen Entwicklungsphasen durch einen graduellen Temperaturanstieg
   - besonders betroffene Handlungsfelder: Menschliche Gesundheit, Boden, Biologische Vielfalt, Landwirtschaft, Wald- und Forstwirtschaft, Fischerei
   - räumliche Schwerpunkte: Meere und ländliche Räume;

[61] Projekt „KlimaMORO“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung/Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Laufzeit 2009-2013

Der Anstieg der Hitzebelastung ist das deutlichste und stärkste Klimasignal mit erheblichen Auswirkungen auf Gesundheit und Infrastrukturen, insbesondere in Ballungsräumen. Parallel sind die Wasser-, Land- und Forstwirtschaft besonders von ansteigender Erwärmung und in ferner Zukunft von Trockenheit bedroht. Die gegenüber dem Klimawandel vulnerabelsten Regionen Deutschlands sind Kreise mit strukturellen Defiziten, die in Regionen mit warmem Klima liegen und damit am stärksten von Hitze und Trockenheit betroffen sind.

Weitere vulnerable Regionen sind aufgrund des erwarteten Anstiegs der sommerlichen Starkregen und der Winterniederschläge strukturschwache Ballungsräume mit hohem Anteil an überschwemmungsgefährdeten Gebieten. Diese können nicht nur von Flusshochwasser sondern auch von durch Starkregen ausgelösten Überschwemmungen oder Sturzfluten betroffen werden.

Langfristig werden besonders Küstenregionen sowie Arten und Lebensräume von dem graduellen Temperaturanstieg bedroht werden, die an einzigartige und empfindliche Regionen gebunden sind, wie das Wattenmeer und das Hochgebirge.

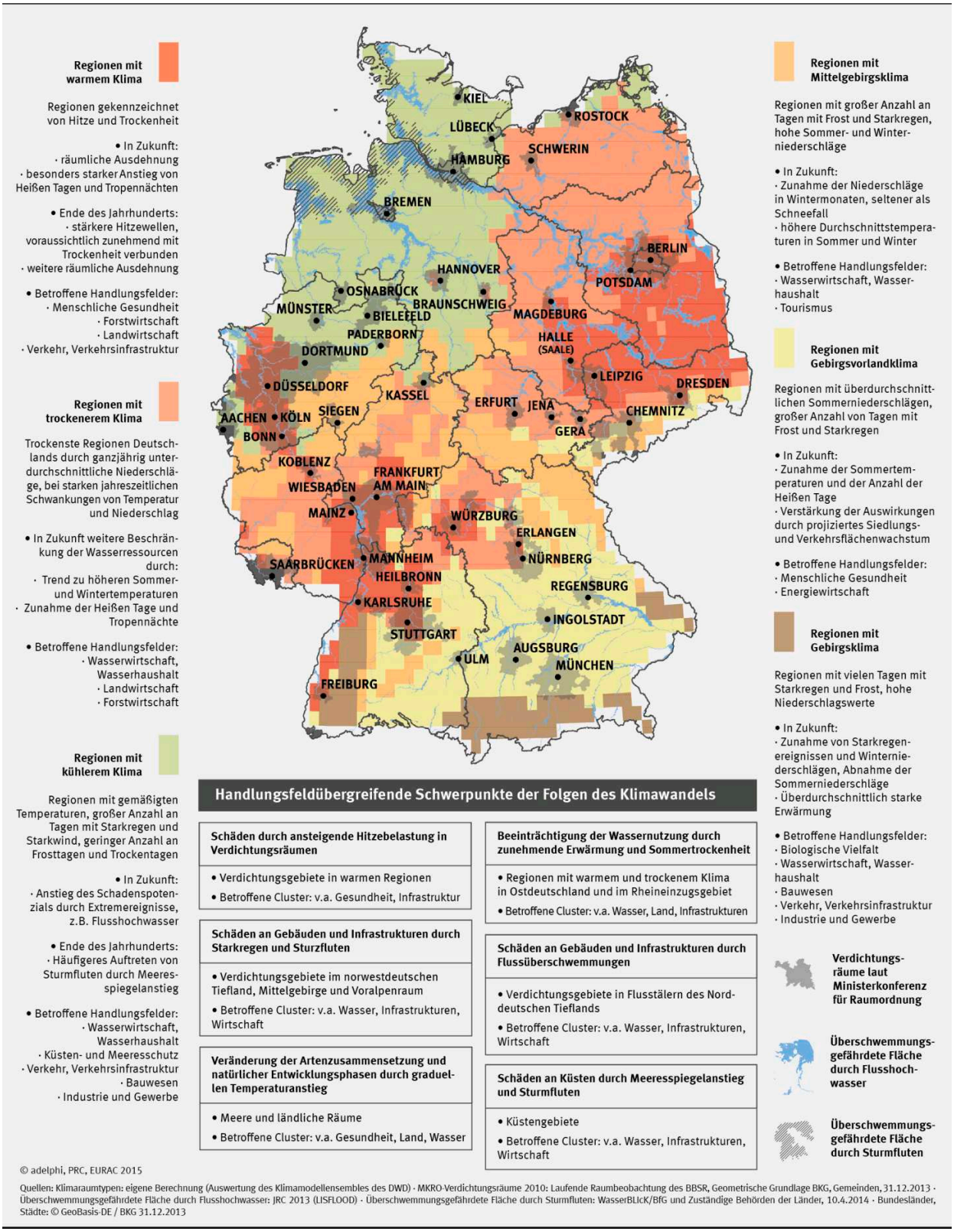


Abbildung 9: Regionale Betroffenheit und handlungsfeldübergreifende Folgen des Klimawandels in Deutschland

Zusammenfassung der Handlungsfelder in Cluster

Die Analyse der über 300 Wirkungsbeziehungen zwischen den Handlungsfeldern hat ergeben, dass bestimmte Handlungsfelder stark voneinander beeinflusst werden (Kaskadeneffekt) oder ähnliche Auswirkungen des Klimawandels umfassen. Kaskadeneffekte entstehen beispielsweise dann, wenn sich klimatisch bedingt der Bodenwassergehalt verändert und dies den Ertrag der Land- und Forstwirtschaft beeinflusst. Ähnliche Klimawirkungen wurden zum Beispiel in den Handlungsfeldern „Küsten- und Meeresschutz“ und „Fischerei“ berücksichtigt, da für beide Handlungsfelder Klimawirkungen auf Fischbestände relevant sind. Handlungsfelder mit vielen ähnlichen Klimawirkungen wurden zu Clustern zusammengefasst. Insgesamt wurden sechs Cluster definiert, deren Klimawirkungen häufig auch räumlich zusammenfallen. Der APA II orientiert sich an den Klimawirkungen der jeweiligen Cluster. Entsprechend sind die Maßnahmen und Instrumente (siehe Kapitel F und Anhang 3) danach gegliedert.

Das **Cluster „Wasser“** umfasst die drei Handlungsfelder, die die Bewirtschaftung des Wassers und der aquatischen Ökosysteme zum Inhalt sowie insgesamt eine große Bedeutung für viele andere Handlungsfelder der DAS haben:

- Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft,
- Küsten- und Meeresschutz, und
- Fischerei.

„Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt“ ist das Handlungsfeld mit den meisten Wechselwirkungsbeziehungen zu anderen Handlungsfeldern. Dabei überwiegen die von diesem Handlungsfeld ausgehenden Wirkungen, sodass Veränderungen des Wasserhaushaltes häufig kaskadische Auswirkungen auf andere Handlungsfelder haben.

Das **Cluster „Land“** bilden die stark miteinander verknüpften Handlungsfelder:

- Boden,
- Landwirtschaft,
- Wald- und Forstwirtschaft, und
- Biologische Vielfalt.

Die Handlungsfelder „Boden“ und „Biologische Vielfalt“ haben auch über das Cluster hinaus zahlreiche Beziehungen zu anderen Handlungsfeldern: Boden, weil er ein wichtiger Standort- und Produktionsfaktor ist, und die Biologische Vielfalt, weil sie von vielen Nutzungen der Ökosysteme, wie der Land- und Forstwirtschaft, der Fischerei oder dem Tourismus, beeinflusst wird. Das Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ umfasst neben den terrestrischen natürlich auch aquatische Ökosysteme.

Die drei Handlungsfelder der DAS, die stärker als andere von langlebigen, gebauten Infrastrukturen abhängen, wurden im **Cluster „Infrastrukturen“** zusammengefasst:

- Bauwesen,
- Energiewirtschaft, und
- Verkehr, Verkehrsinfrastruktur.

Entsprechend sind diese Handlungsfelder untereinander stark verknüpft. Sie haben zudem alle zahlreiche Wechselbeziehungen zum Cluster „Wirtschaft“.

Das Cluster **„Wirtschaft“** setzt sich aus den Handlungsfeldern der DAS zusammen, die das produzierende Gewerbe und den Dienstleistungsbereich abdecken und die größtenteils privatwirtschaftlich organisiert sind:

- Industrie und Gewerbe,
- Tourismuswirtschaft, und
- Finanzwirtschaft.

Das Cluster **„Gesundheit“** besteht aus dem Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“. Dieses Cluster ist zentral für die Begründung von Anpassungsmaßnahmen in Deutschland, da Klimawirkungen in anderen Handlungsfeldern sehr häufig direkt oder indirekt die menschliche Gesundheit beeinflussen. So können Extremwetterereignisse durch Schäden an Infrastruktur Unfälle und andere gesundheitliche Beeinträchtigungen verursachen.

Das **Cluster „Raumplanung und Bevölkerungsschutz“** besteht aus den beiden Querschnitt--Handlungsfeldern:

- Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung,
- Bevölkerungsschutz.

Beide Handlungsfelder sind nur indirekt von den Folgen des Klimawandels betroffen. Daher hat das Netzwerk Vulnerabilität diese Handlungsfelder im Hinblick auf ihre Möglichkeiten betrachtet, Anpassungskapazität zu erhalten oder zu erhöhen. Das Handlungsfeld „Bevölkerungsschutz“ ist für den Schutz der Bevölkerung zuständig und hat als solches viele Schnittstellen (z. B. Infrastrukturen). Das Handlungsfeld „Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung“ spielt eine zentrale Rolle für die vorausschauende Anpassung an den Klimawandel der anderen Cluster.

Forschungsbedarf

Die Vulnerabilitätsanalyse identifiziert weiteren Forschungsbedarf auf Ebene des Systemverständnisses, der Verfügbarkeit von geeigneten Daten, Indikatoren und Modellen:

- Bei den Klimaprojektionen haben die Daten zu Starkwind noch große Bandbreiten, die zu hohen Unsicherheiten in den Aussagen führen.
- Die Entwicklung der Meeresspiegelanstiege an der deutschen Nord- und Ostseeküste in Abhängigkeit von globalen und regionalen Prozessen (z. B. Abschmelzen der Gletscher, Landhebungen) und die damit zusammenhängende Erhöhung der Sturmfluten ist ebenfalls noch Forschungsgegenstand.
- Es besteht weiterer Forschungsbedarf, um geeignete sozioökonomische Daten bzw. Szenarien bereit zu stellen und Indikatoren zu entwickeln, die den Zusammenhang zwischen sozio-ökonomischen Merkmalen und der Empfindlichkeit gegenüber dem Klimawandel spezifisch erfassen und in hoher regionaler Auflösung abbilden können.
- Ebenfalls gering ist die Kenntnis der Anpassungskapazität. Hier fehlen sowohl eine konsistente und einheitliche Methodik zur Quantifizierung als auch geeignete Daten.
- Während es bei der Mehrzahl der 72 untersuchten Klimawirkungen mit mittlerer bis hoher Gewissheit möglich ist, Aussagen zu zukünftigen Entwicklungen zu treffen, können für 31 Klimawirkungen nur Aussagen mit geringer Gewissheit getroffen werden. Besonders bei den Klimawirkungen, denen bereits gegenwärtig eine mittlere oder zukünftig eine hohe Bedeutung, hinsichtlich ihrer Wirkungen auf Deutschland aber eine geringe Gewissheit bescheinigt wurde, besteht erhöhter Forschungsbedarf.

D 4 Klimafolgen im Ausland, Rückwirkungen auf Deutschland

Der Klimawandel wird global bereits bestehende Risiken, wie Armut, Umweltverschmutzung und Artensterben, verstärken und die wirtschaftliche Entwicklung abbremsen. Darauf verweist unter anderem der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) im zweiten Teil des Weltklimaberichtes zu Klimafolgen, Verwundbarkeit und Anpassung an den Klimawandel, der 2014 veröffentlicht wurde. Der IPCC schlussfolgert, dass ein zunehmender Klimawandel das Wirtschaftswachstum global verlangsamen, die Ernährungssicherheit gefährden, soziale Ungleichheiten verschärfen und damit vermehrt zu Konflikten und verstärkter Migration beitragen kann.

Die weltweiten gesellschaftlichen und ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels, wie auch die Fähigkeiten, sich daran anzupassen, sind sehr ungleich zwischen Kontinenten, Ländern und Regionen verteilt. Gerade die am wenigsten entwickelten Länder (LDCs) sind überproportional betroffen. Risiken wie Hunger und Armut, Umweltverschmutzung und Artensterben setzen diesen Ländern bereits heute zu. Der Klimawandel verstärkt diese Risiken insbesondere durch häufigere Hitzewellen, Dürren, Starkniederschläge und Meeresspiegelanstieg. Zunehmende Extremwetterereignisse werden in diesen Teilen der Welt voraussichtlich signifikante Einkommenseinbußen, abnehmende Ernährungssicherheit, zunehmende Nahrungsmittelpreise, regionale Wasserknappheit, Landverluste durch Erosion sowie Verluste an Eigentum und eine Beeinträchtigung menschlicher Gesundheit verursachen. Gerade den sozial Benachteiligten fehlen oft die Ressourcen, um sich an die Folgen des Klimawandels anzupassen. Sie sind deshalb besonders verwundbar. Deswegen kann der Klimawandel soziale Ungleichheit und regionale Konflikte verstärken.[62]

Laut IPCC-Bericht gab es in den letzten Jahren wesentliche Fortschritte in der umfassenden Erarbeitung von Anpassungsstrategien und -Maßnahmen, insbesondere auf Ebene der Nationalstaaten. Dies gilt sowohl für Industrie- als auch für Entwicklungsländer. Global gesehen sind die bisherigen Investitionen in Anpassungsmaßnahmen jedoch unzureichend. Gerade in den vom Klimawandel besonders betroffenen Weltregionen fehlt

[62] Vgl IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Online unter www.ipcc-wg2.gov/AR5/report/.

es oft an ausreichenden Mitteln, um nachhaltige Anpassungsmaßnahmen umzusetzen. Hier übernimmt Deutschland durch seine Beiträge zur internationalen Klimafinanzierung Verantwortung.

Im globalen Vergleich erscheinen die direkten Folgen des Klimawandels in Deutschland moderat und Anpassungsmaßnahmen möglich. Trotzdem ist es wahrscheinlich, dass Deutschland in zunehmendem Maße verwundbar gegenüber indirekten Folgen des Klimawandels in anderen Teilen der Welt werden wird. Durch einen immer intensiveren internationalen Handel zwischen den Weltregionen werden Klimafolgen im Ausland auch für die inländische Wirtschaft an Bedeutung gewinnen. Dies gilt gerade für Deutschland mit seinen umfassenden internationalen Handelsbeziehungen, einer ausgeprägten globalen Arbeitsteilung industrieller Fertigungsprozesse und einer hohen Bedeutung von Importen (insbesondere von Rohstoffen, Nahrungsmitteln und Vorprodukten) und Exporten (insbesondere von Kraftfahrzeugen, Maschinen und Anlagen und chemischen Erzeugnissen).

Ökonomische Analysen zur Vulnerabilität von Staaten und der Intensität der deutschen Handelsbeziehungen, die unter anderem im Auftrag des BMWi sowie des UBA durchgeführt wurden, zeigen, dass gerade in der engen wirtschaftlichen Verknüpfung mit den asiatischen Schwellenländern klimawandelbedingte Risiken bestehen. So ist beispielsweise China als fünftgrößter Abnehmer deutscher Produkte relativ vulnerabel gegenüber den zu erwartenden Klimaänderungen. Auf der Importseite können vor allem die Energieimporte aus Russland beeinträchtigt werden. Allerdings steht die Forschung zur Quantifizierung dieser Effekte erst am Anfang und es sind weitere Untersuchungen notwendig.

Obwohl die Effekte des Klimawandels auf den Außenhandel schwierig zu quantifizieren sind und sich durch den Klimawandel auch neue Absatzmärkte und damit neue unternehmerische Chancen ergeben werden, können sich die Auswirkungen des Klimawandels auf andere Weltregionen auch für Deutschland zu einem relevanten Risiko entwickeln. Hinzu kommen weitere klimawandelbedingt veränderte Risikofaktoren, die sich mittel- bis langfristig in einer zunehmenden Migration, veränderten grenzüberschreitenden Investitionen und Einflüssen auf die internationale Sicherheitslage auswirken können.

Eine weitere Differenzierung der deutschen Handelsbeziehungen trägt zur Reduzierung dieser Risiken bei. Auch gibt Deutschland Finanzierungshilfen, um Risiken in den Ländern zu mindern, die finanziell selber nicht dazu in der Lage sind.[63]

Einem möglichen Rückgang der deutschen Warenexporte aufgrund von Klimawirkungen in anderen Weltregionen kann Deutschland nicht alleine durch Anpassungs- und Schutzmaßnahmen entgegenwirken. Das gleiche gilt im Falle von Migrationsbewegungen und bei der Gefährdung der internationalen Sicherheit, etwa durch die Entstehung von „gescheiterten Staaten“. Zwar ist der Klimawandel in der Regel nicht der einzige Grund für regionale Instabilitäten, jedoch können Umweltveränderungen bestehende Konflikte verstärken und Lösungen erschweren. Um diesen Gefahren für die Tragfähigkeit der nationalen öffentlichen Finanzen vorzubeugen, bedarf es einer ambitionierten internationalen Klimapolitik zur Reduktion der Treibhausgasemissionen; Anpassung muss auch global gedacht werden.[64]

Je größer die Anstrengungen zur Emissionsminderung sind, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass Ökosysteme und Gesellschaften an die Grenzen der Anpassung geraten. Eine weltweite Transformation in klimaverträglichere, nachhaltige Gesellschaften würde dieses Risiko wesentlich mindern.

E Prioritäre Handlungsbereiche und Schlussfolgerungen aus dem DAS Prozess

Die Kapitel A bis D zeigen, dass Klimafolgen alle natürlichen und sozialen Systeme (z. B. Wirtschaftssektoren) betreffen und dass Anpassung in Deutschland in ersten Ansätzen bereits stattfindet. Bund, Länder und weitere Akteure führen bereits eine Vielzahl an Aktivitäten zur Anpassung an den Klimawandel bzw. zur Vorbereitung von Anpassungsmaßnahmen durch. Darüber hinaus leistet Deutschland signifikante Beiträge zur Anpassung an den Klimawandel in Entwicklungs- und Schwellenländern. Anpassung an den Klimawandel als Querschnittsaufgabe zu verankern, bedeutet, den Klimawandel sowohl in Strategien und Maßnahmen der Fachpolitiken zu berücksichtigen als auch sektorenübergreifend und räumlich abgestimmt vorzugehen. Deswegen muss die Anpassung an den Klimawandel auch Bestandteil aller relevanten Planungs- und Entschei-

---

63 Vgl auch Kapitel B 4 und F 2.8.

64 Siehe BMF 2009, “Klimawandel: Welche Belastungen entstehen für die Tragfähigkeit der Öffentlichen Finanzen?“; vgl. www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Monatsberichte/Standardartikel_Migration/2009/10/analysen-und-berichte/b01-klimawandel/klimawandel.html.

dungsprozesse sein und dabei sowohl geringe und mittlere als auch mögliche hohe oder sehr hohe Risiken berücksichtigen. Dafür müssen die jeweils aktuellen Projektionen - möglichst nahtlos in die Zukunft gerichtet - bedarfsgerecht für Planer und Entscheider bereitgestellt werden. Den Fachbehörden des Bundes, die Zuständigkeiten für die zukünftig regelmäßige Erzeugung und Bereitstellung entsprechender grundlegender Vorhersage- und Projektionsdaten haben, die von ressortübergreifender Relevanz für die Umsetzung der vorsorgeorientierten Anpassungspolitik des Bundes sind, kommt hier eine besondere Bedeutung mit entsprechenden Anforderungen zu.

Zukünftige Klimafolgen können nie mit Exaktheit vorhergesehen werden, bestehende Unsicherheiten können durch weitere Forschung aber deutlich reduziert werden. So schafft die modellbasierte Klimaforschung wichtige Grundlagen für Anpassungsentscheidungen. Doch weitere Fortschritte im Verständnis des Klimasystems und bei der Entwicklung verlässlicher globaler und regionaler Klimamodelle sind notwendig, um bestehende Lücken im Verständnis der Wechselwirkungen von Wolken und Aerosolen, von Extremwetterereignissen und der Klimaentwicklung in urbanen Räumen zu schließen. Insbesondere gilt es, Aussagen zu regionalen Auswirkungen des Klimawandels zu verbessern, indem Wirkmodelle auf Basis von Klimaprojektionen entwickelt und mit sozioökonomischen Szenarien verknüpft werden. Es gilt weiterhin, Wissenslücken zu schließen – unter anderem im Bereich von regionalen und sektoralen Anpassungskapazitäten, bei der sektorenübergreifenden Analyse und Bewertung von Klimafolgen und Vulnerabilitäten oder der Bedeutung der Anpassung an den Klimawandel im Alltag der Bevölkerung. Des Weiteren kann Forschung durch technische, wirtschaftliche und soziale Innovationen die Anpassungsoptionen und -kapazitäten erweitern. Damit diese rasch praktisch erprobt werden und in die Anwendung kommen, ist eine enge Kooperation von Wissenschaft und Akteuren aus Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft essentiell. Maßnahmen und Instrumente der Anpassung an den Klimawandel sollten so flexibel gestaltet sein, dass zukünftige Erkenntnisse aus Forschung und Gesellschaft berücksichtigt werden können.

Die Zuständigkeit für Strategien und Maßnahmen liegt nicht nur beim Bund. Auch Länder und Kommunen sind gefragt. Viele Maßnahmen können zudem durch einzelne Akteure, das heißt von Bürgern und Unternehmen, bereits heute umgesetzt werden. Eine aktive Beteiligung dieser Akteure ist notwendig, um die jeweils passende (zuständige) Ebene zu adressieren, auf der angemessene Anpassungsstrategien und -Maßnahmen zu identifizieren und umzusetzen sind. Ziel der DAS ist es, die zuständigen Akteure in die Lage zu versetzen, Risiken durch den Klimawandel zu erkennen, in ihrer Wirkung zu bewerten und gegebenenfalls Maßnahmen zu ergreifen. Maßgeblich hierfür sind die Prinzipien von Subsidiarität und Verhältnismäßigkeit.

Mit den erkennbaren Folgen des Klimawandels wird die Umsetzung der DAS auf Ebene der Länder, Städte und Gemeinden immer bedeutsamer, da hier viele der relevanten Zuständigkeiten liegen, zum Beispiel in der Flächennutzungs- oder Bauleitplanung. Die Aufgabe des Bundes besteht daher zukünftig verstärkt darin, die Rahmenbedingungen zu schaffen, um Anpassungsfähigkeiten in den Regionen zu stärken. Der Bund hat seit 2011 bereits eine Reihe wichtiger Maßnahmen angestoßen. Zu beachten ist, dass die Überarbeitung von Gesetzen und Förderprogrammen ein langwieriger Prozess ist und die Ergebnisse im Sinne einer reduzierten Vulnerabilität erst im Abstand einiger Jahre oder gar Jahrzehnte erkennbar werden. Daher wird der Bund seine Bemühungen in diesem Bereich verstärken und – ganz im Sinne des Vorsorgeprinzips – bereits heute die Rahmensetzung in allen Handlungsfeldern der DAS vorantreiben (siehe Anhang 3 APA II). Dazu gehört auch, dass die Ressorts mittel- und langfristig im Rahmen von Prioritätensetzung anstreben, entsprechende personelle und finanzielle Kapazitäten zu schaffen.

Oft hindern auch methodische Probleme und fehlendes Wissen über bereits vorhandene Lösungsansätze die Umsetzung. Diese Lücke kann künftig durch stärkeren ressortübergreifenden Austausch geschlossen werden. Der Bund wird bei Entscheidungen in eigener Verantwortung künftig eine deutlichere Vorbildrolle einnehmen.

Auf internationaler Ebene wird die Anpassung ein wesentlicher Bestandteil des neuen internationalen Klimaabkommens sein. Aus diesem Grund wird der Beitrag Deutschlands zur internationalen Zusammenarbeit im Bereich der Anpassung an den Klimawandel auch zukünftig eine wichtige Rolle spielen. Wie in Deutschland muss die Anpassung an den Klimawandel in Entwicklungsländern dabei stets im Kontext nachhaltiger Entwicklung betrachtet werden.

Aufgrund ihrer Bedeutung in den internationalen Verhandlungen stellt die Unterstützung von „Nationalen Anpassungsplänen“ der Entwicklungsländer eine wichtige Aktivität zur Wahrnehmung der internationalen Verantwortung dar. In diesem Zusammenhang gilt es, die Integration der Anpassung an den Klimawandel in nationale Planungs- und Budgetierungsprozesse in den Partnerländern verstärkt zu unterstützen. Die DAS und ihre Fortschreibung, der APA, die Vulnerabilitätsanalyse sowie die weiteren Prozesse und Maßnahmen haben

eine wichtige Vorbildfunktion für die Partnerländer. Darüber hinaus nehmen vor dem Hintergrund der internationalen Debatte über den Umgang mit Schäden und Verlusten durch den Klimawandel Maßnahmen zum umfassenden Klimarisikomanagement eine wichtige Rolle ein. Ein weiteres Aufgabenfeld, das sich aus den internationalen Verhandlungen ergibt, ist der Aufbau anpassungsspezifischer Monitoringsysteme auf nationaler und subnationaler Ebene, um die Wirkungen der Anpassung an den Klimawandel messen zu können.

Im Folgenden werden zunächst die prioritären Handlungsbereiche beschrieben, wie sie sich aus der Vulnerabilitätsanalyse (Kapitel D 3) ergeben, und im Anschluss werden Schlussfolgerungen aus Forschungsverbünden und Modellvorhaben des Bundes dargestellt, die den weiteren Weg und die Bedarfe aufzeigen.

E 1 Prioritäre Handlungsbereiche

Die prioritären Handlungsbereiche basieren auf den Ergebnissen der Vulnerabilitätsanalyse (siehe Anhang 2) und orientieren sich in der Darstellung an den in Kapitel D 3 abgeleiteten Clustern. Entsprechend werden in diesem Kapitel für die Cluster Wasser, Infrastrukturen, Land, Gesundheit und Wirtschaft sowie die jeweils zugehörigen Handlungsfelder die zentralen Klimawirkungen und Handlungserfordernisse beschrieben. Die ausführliche Übersicht der Klimawirkungen und Handlungserfordernisse je Cluster befindet sich in Anhang 3 (APA II).

Klimawirkungen und Handlungserfordernisse im Cluster Wasser

Aufgrund der vielen Wechselwirkungen des **Clusters Wasser** haben Veränderungen hier entsprechende Konsequenzen für die anderen Cluster. Die große Anzahl unterschiedlicher Klimawirkungen, die schon in naher Zukunft eine mittlere bis hohe Bedeutung bekommen können, machen das Cluster Wasser zu einem zentralen Ansatzpunkt der Anpassung an den Klimawandel, zumal alle drei enthaltenen Handlungsfelder vergleichsweise lange Zeiträume zur Anpassung brauchen[65]: In der Wasserwirtschaft und im Küstenschutz sind bestehende Infrastrukturen betroffen, deren Anpassung und Erweiterung längere und integrierte Planungsprozesse benötigen. Beim Schutz der Fischbestände ist Deutschland auf die Zusammenarbeit mit den anderen Staaten Europas angewiesen. Zugleich sind natürliche Systeme, wie die Reproduktion und Wanderung von Fischen, schwer vom Menschen zu beeinflussen.

Potenzielle Schäden können insbesondere an Küsten, Bauwerken und Infrastrukturen durch erhöhte Sturmfluten und den erwarteten Meeresspiegelanstieg auftreten. Dies erhöht den Entwässerungsbedarf in den Küstengebieten. Darüber hinaus können Starkregen, Flusshochwasser und Sturzfluten in ganz Deutschland große und künftig noch zunehmende Schäden verursachen. Starkregen ist vor allem auch mit Blick auf Entwässerungseinrichtungen, wie das Kanalnetz, und Kläranlagen eine voraussichtlich wachsende Herausforderung.

Aufgrund des Klimawandels können sich physikalische und chemische Gewässereigenschaften verändern, z. B. Temperatur und Salzgehalt. Dies führt auch zu Änderungen von biologischen Prozessen und der Artenzusammensetzung in Gewässern. Schwerwiegende Auswirkungen werden auf das Handlungsfeld Fischerei und in diesem besonders auf Fischbestände in Nord- und Ostsee erwartet.

Klimawirkungen und Handlungserfordernisse im Cluster Land

Die Handlungsfelder des **Clusters Land** werden besonders von graduellen Temperatur- und Niederschlagsveränderungen und bei einem starken Klimawandel von zunehmender Trockenheit beeinflusst. Steigende Temperaturen und Trockenheit beeinträchtigen die biologischen Prozesse und die Produktionsfunktionen des Bodens, zudem begünstigen sie die Etablierung und Ausbreitung bestimmter invasiver Arten. Zugleich können sie das Schadenspotenzial durch Schädlinge verstärken, mit möglichen negativen Folgen in der Land- und Forstwirtschaft. Neben Hitzewellen haben weitere Extremereignisse ein erhebliches Schadenspotential, wie Starkwind für die Forstwirtschaft, in der Schäden durch Windwurf bereits heute beträchtlich sein können. Die Landwirtschaft kann sich aufgrund der vergleichsweise kurzen Pflanz- und Erntezyklen relativ schnell an veränderte Klimabedingungen anpassen. Die anderen drei Handlungsfelder des Clusters Land hingegen brauchen deutlich längere Anpassungszeiträume: Die Forstwirtschaft muss wesentlich langfristiger planen, und auch die Bodennutzung hängt von langfristigen Planungsprozessen ab. Viele Elemente der Lebensraum- und Artenvielfalt passen sich im Rahmen der natürlichen Sukzession an, ohne dass der Mensch dies beschleunigen kann.

---

[65] Vorausgesetzt, dass vorhandene Anpassungskapazitäten genutzt werden.

Im Handlungsfeld Boden stellt die Bodenerosion durch Wind und Wasser bereits gegenwärtig ein Problem dar. Auch wenn sie in naher Zukunft aufgrund des Klimawandels voraussichtlich nur wenig verstärkt wird, erfordert sie dennoch aufgrund der langfristigen Auswirkungen und irreversiblen Schäden besondere Aufmerksamkeit.

Für das Handlungsfeld Landwirtschaft werden durch die Verlängerung der Wachstumsperiode bei einer moderaten Temperaturerhöhung sowie durch steigende CO_2-Konzentrationen der Luft bei ausreichender Wasserverfügbarkeit überwiegend positive Effekte erwartet. Jedoch können höhere Lufttemperaturen und geringere Frühjahrs- und Sommerniederschläge, verbunden mit einer verstärkten Trockenheit, sowie vermehrte Starkniederschläge und andere Extremereignisse auch negative Auswirkungen auf die Landwirtschaft haben.

Im Handlungsfeld Wald- und Forstwirtschaft muss die jeweilige Anfälligkeit der unterschiedlichen Baumarten und Waldgesellschaften gegenüber Schadorganismen, Hitze- und Trockenstress, Windwurf sowie Waldbrand berücksichtigt werden. Sie beeinflusst wiederum die Erhaltung der vielfältigen Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes für andere Handlungsfelder.

Im Handlungsfeld Biologische Vielfalt stellt die Ausbreitung invasiver Arten als mögliche Klimawirkung eine spezifische Herausforderung dar, für die ein besonderer Handlungsbedarf gesehen wird.

Klimawirkungen und Handlungserfordernisse im Cluster Infrastrukturen

Das **Cluster Infrastrukturen** ist aufgrund des hohen Schadenpotentials durch klimatisch bedingte Extremereignisse zentral für die weitere Anpassung. Eine Umgestaltung von langlebigen Infrastrukturen wie Gebäuden, Kraftwerken oder Straßen ist in der Regel mit langen Planungszeiträumen verbunden, da integrierte umfassende Planungsprozesse erforderlich sind. Solche Planungsprozesse können zur Vermeidung von Schäden durch den Klimawandel beitragen, da Lage und Ausstattung der Infrastrukturen (beispielsweise mit Schutzeinrichtungen) ihre Sensitivität entscheidend beeinflussen.

Vor allem extreme Wetterereignisse, wie Hitze, Starkregen, Starkwind und Flusshochwasser, können zu Schäden an Gebäuden und (Verkehrs-)Infrastrukturen führen. Mit der projizierten zunehmenden Häufigkeit dieser Wetterextreme steigt auch die Bedeutung ihrer Auswirkungen, vor allem die von Hitze und Starkregen, und damit Flusshochwassern.

Veränderungen von Temperatur und Niederschlag können auch Auswirkungen auf das Handlungsfeld Energiewirtschaft haben, insbesondere auf das Kühlwasser für thermische Kraftwerke, und können zu potenziellen Schäden an Kraftwerken und Erzeugungsanlagen führen.

Für die Straßen- und Schieneninfrastruktur stellen in erster Linie Überschwemmungen und Unterspülungen ein im Klimawandel potenziell zunehmendes Problem dar. Neben spezifischen Maßnahmen im Verkehrsbereich sind hier die im Cluster Wasser genannten Aktivitäten im Bereich Hochwasserschutz / Hochwasservorsorge relevant. Darüber hinaus spielen Hitze- und Frostschäden eine Rolle.

Klimawirkungen und Handlungserfordernisse im Cluster Wirtschaft

Im **Cluster Wirtschaft** sind die Zeiträume, die zur Anpassung an den Klimawandel gebraucht werden, sehr verschieden: Wenn Infrastrukturen angepasst, verlagert oder neu gebaut werden, sind längere Zeiträume notwendig. Anpassungsmaßnahmen wie ein verändertes Unternehmensmanagement, etwa die Diversifizierung von Zulieferern, sind schneller umzusetzen.

Neben den graduellen Änderungen von Temperatur und Niederschlag haben Hochwasserereignisse aller Art, aber auch andere Extremwetterereignisse, zahlreiche und bedeutende Wirkungen für das Cluster Wirtschaft. Klimatisch bedingte Extremereignisse können beispielsweise den Warenverkehr beeinträchtigen, Produktionsprozesse unterbrechen und Anlagen beschädigen. Damit können große Schäden und Umsatzeinbrüche verbunden sein. Hierbei bestehen starke Kopplungen mit dem Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur. Eine gesonderte Rolle spielt veränderter Schneefall: Während die Abnahme der Schneesicherheit starke negative Folgen für den Wintersport hat, kann zu viel Schnee zu Schäden an Betriebsanlagen von Industrie und Gewerbe führen sowie Logistik- und Produktionsprozesse unterbrechen.

Das Cluster Wirtschaft ist besonders intensiv auch von internationalen Entwicklungen beeinflusst. Durch die Globalisierung und die internationale Ausrichtung aller Handlungsfelder dieses Clusters spielen der globale Klimawandel – nicht nur Klimasignale und -wirkungen in Deutschland – eine wichtige Rolle.

Klimawirkungen und Handlungserfordernisse im Cluster Gesundheit

Im **Cluster Gesundheit** sind mit Blick auf bestimmte Gefährdungen kurzfristige Anpassungen möglich, beispielsweise durch öffentliche Warnsysteme oder Verhaltensinformationen. Der Ausbau von Gesundheitsinfrastruktur, Rettungs- und Hilfsdiensten braucht im Gegensatz dazu etwas mehr Zeit, wird derzeit aber auch nicht als erforderlich angesehen.

Die Klimawirkungen in diesem Cluster beziehen sich vor allem auf die Auswirkungen einer höheren Durchschnittstemperatur und von Extremwettereignissen wie Hitzewellen. Im Cluster Gesundheit zeigt sich ein hohes Handlungserfordernis für Hitzebelastungen. Ein mittleres Handlungserfordernis ergibt sich für Atembeschwerden durch bodennahes Ozon, aber auch durch die Überträger von Krankheitserregern, die ihr Verbreitungsgebiet durch höhere Temperaturen verändern können. Die größte Betroffenheit wird – bedingt durch den Wärmeinseleffekt und die höhere Bevölkerungsdichte – in Ballungsräumen erwartet.

Klimawirkungen und Handlungserfordernisse im Cluster Raumplanung und Bevölkerungsschutz

Beim **Cluster Raumplanung und Bevölkerungsschutz** spielt das Handlungsfeld „Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung“ eine zentrale Rolle für die vorausschauende Anpassung an den Klimawandel der anderen Handlungsfelder. Die Raumplanung trägt aufgrund der handlungsfeldübergreifenden Ansatzpunkte zur allgemeinen Anpassungskapazität bei. Die damit verbundenen Abwägungs- und Planungsprozesse benötigen längere Anpassungszeiträume, die zur Schaffung von Synergien und zur Klärung von Konflikten bei der Anpassung genutzt werden können.

Mit zunehmendem Klimawandel, wie er gegenwärtig projiziert wird, steigt das Schadenspotenzial für Natur, Gesellschaft und Wirtschaft. In fast allen Clustern ist schon bis Mitte des Jahrhunderts selbst für den Fall eines schwachen Wandels mit erkennbaren Beeinträchtigungen zu rechnen. Ein starker Wandel kann für alle Cluster erhebliche Gefährdungen mit sich bringen. Bis Ende des Jahrhunderts lassen die Klimamodelle noch deutlich stärkere Klimaänderungen mit entsprechend stärkeren Auswirkungen in den einzelnen Clustern erwarten (siehe Kapitel D 1). Die bereits jetzt zunehmende soziale Ungleichheit zwischen den Regionen kann dazu führen, dass benachteiligte Regionen in Zukunft noch größere Probleme bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen haben. Dadurch könnte die soziale Ungleichheit in Deutschland zusätzlich ansteigen.

Das Schadenspotenzial von Hochwasser (Flusshochwasser, Sturzfluten und Sturmfluten) sowie von Hitze und graduellen Temperaturänderungen wird als besonders hoch eingeschätzt. Jedes dieser Klimasignale kann in den zentralen Clustern „Wasser“, „Gesundheit“ und „Infrastrukturen“ schwere negative Folgen haben. Für das hohe Schutzgut der menschlichen Gesundheit ist vor allem Hitze eine große Gefährdung. Infrastrukturen, welche sehr große Sachwerte darstellen, können von allen Extremwetterereignissen schwer beschädigt werden.

Insbesondere die Cluster Gesundheit, Wasser und Infrastrukturen erfordern einen integrativen Ansatz bei der Anpassung an den Klimawandel, da sie besonders viele Verknüpfungen mit anderen Clustern aufweisen: Wasser, weil es am Anfang vieler kaskadischer Auswirkungen des Klimawandels steht, und die Gesundheit, weil sie das Ende von vielen im Netzwerk Vulnerabilität identifizierten Wirkungsketten bildet. Der Bau und die Anpassung von Infrastrukturen sind wiederum oft verbunden mit integrierten Planungsprozessen. Eine integrierte Planung unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Schutzzielen wird von dem für die Anpassungskapazität zentralen Cluster „Raumplanung und Bevölkerungsschutz“ geleistet.

Integrative Ansätze benötigen grundsätzlich längere Zeithorizonte. Dies gilt für integrierte Planungsprozesse mit ihren längeren Fristen, bevor Maßnahmen in die Umsetzung kommen können. Lange Zeiträume für die Anpassung an den Klimawandel werden aber auch benötigt, wenn Infrastruktursysteme (wie das Straßennetz) angepasst werden sollen. Auch die Anpassung komplexer natürlicher Systeme, auf die der Mensch nur einen begrenzten Einfluss hat (etwa die Bestände von Flora und Fauna) ist zeitintensiv. In vielen Handlungsfeldern ist es daher wichtig, schon heute Anpassungsmaßnahmen zu initiieren, auch wenn die Auswirkungen des Klimawandels derzeit noch gering erscheinen mögen (siehe Kapitel F 2 und Anhang 3).

Eine erfolgreiche Verringerung der Vulnerabilität hängt entscheidend davon ab, Anpassung an den Klimawandel, Raumentwicklung, Klima-, Umwelt- und Naturschutz gemeinsam zu denken und zu realisieren. Sie erfordert daher ein langfristiges, integriertes und gleichzeitig auch umweltgerechtes Vorgehen. Aufgrund seiner großen Bedeutung für den erfolgreichen Abschluss eines neuen Klimarahmenabkommens und dessen Umsetzung wird auch das Handlungsfeld „Internationale Verantwortung“ zunehmend relevant werden.

Die hier dargestellten prioritären Handlungsbereiche bilden die Grundlage für den APA II. Darüber hinaus bestehen Wissensdefizite, die durch weitere Forschung verringert werden können. Im nachfolgenden Kapitel E2 sind Forschungs- und Handlungserfordernisse für den Bund im Bereich Forschung zusammengefasst.

E 2 Empfehlungen aus Forschungsverbünden, Modellvorhaben in Stadt und Region

Im Rahmen der Auswertung der Verbundforschung zur Klimaanpassung in Stadt und Region (siehe B 5) wurden die nachfolgenden Forschungs- und Handlungsempfehlungen für den Bund identifiziert. Diese Ergebnisse hat die Bundesregierung aufgegriffen und bei der Formulierung der Maßnahmen im APA II und der Ausgestaltung des weiteren DAS-Prozesses berücksichtigt.

Forschungsempfehlungen zur Weiterentwicklung der Aktivitäten

- Wissen anwenden: Die zentrale Herausforderung liegt in der konkreten Überführung der Strategien und Maßnahmen in die Umsetzung. Dazu ist Prozesswissen neben Fachwissen nötig. Stärker als bisher sollte das Thema der Anpassung an den Klimawandel regionsspezifisch aufbereitet werden, auch mit regionalisierten Klimainformationen.
- Zugang zu Wissen erleichtern: Neben Allgemeinwissen sollte insbesondere der Zugang zu dem in den Forschungsvorhaben (vgl. Kap. B5) generierten Spezialwissen zur Anpassung an den Klimawandel erleichtert sowie konkrete Beispiele aufgezeigt werden.
- Grenzen der Anpassung und Kosten-/Nutzenaspekte beachten: Technische Infrastrukturen können nur bis zu einem bestimmten Grad an extreme Wetterereignisse angepasst werden. Ein Diskurs über die daraus resultierenden Konsequenzen ist erforderlich. Auch sind Kosten-/Nutzenaspekte der Anpassung zu beachten. Zur Abwägungsfestigkeit müssen die ökonomischen Aspekte der Anpassung und die finanzielle Wirkung von Anpassungsmaßnahmen abschätzbar und sichtbar gemacht werden.
- Grenzwerte/Schwellenwerte ermitteln: Wie bei anderen komplexen Herausforderungen (z. B. Demografischer Wandel) liegen bisher für die Anpassung an den Klimawandel kaum verbindliche planerische Maßgaben, d. h. Schwellen- oder Grenzwerte vor. In der Fachpraxis zu etablierende Bewertungsmaßstäbe (z. B. wirkungsbezogene Grenz- und Zielwerte oder -korridore) sind erforderlich, um planerische Entscheidungen abwägungsfester und überprüfbarer zu machen.
- Soziale Implikationen berücksichtigen, insbesondere die sozialstrukturelle und sozialräumliche Differenzierung der Folgen des Klimawandels.
- Zielführende Partizipationsformate und -formen umsetzen: Es ist zu evaluieren, welche Beteiligungsformate und Gestaltungskriterien zur Verbesserung der Akzeptanz von Anpassungsstrategien und -maßnahmen beitragen. Es ist sinnvoll Plattformen anzubieten, die Kooperationen zwischen Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft (NROs) sowie Wissenschaft fördern. Diese Plattformen sollten nicht nur Vorteile bzw. Nutzen der Anpassung kommunizieren und aufzeigen, sondern auch Eigeninitiative und freiwilliges Engagement fördern. Dazu gehört, dass kontinuierlich gute Beispiele mit Vorbildfunktion recherchiert und, auch über Wettbewerbe, kommuniziert werden.
- Klimaanpassung beobachten und evaluieren, mit wirkungsbezogenen regionalen und kommunalen Monitoring- und Evaluationssystemen. Auch gilt es aufzuzeigen, wie das nationale Indikatorensystem zur DAS mit seinen Impact- und Responseindikatoren für die regionale und kommunale Ebene genutzt werden kann.
- Werkzeuge entwickeln und umsetzen: Für Phase 1 (Betroffenheit) des Politikzyklus Anpassung (PZA)[66] und überwiegend auch für Phase 2 (Klimafolgen/Vulnerabilitäten) liegen bereits zahlreiche neue Werkzeuge vor. Für die Phasen 3 (Maßnahmen), 4 (Umsetzung) und 5 (Monitoring & Evaluation) fehlen häufig Werkzeuge zur Identifizierung und Bearbeitung von Nutzungskonflikten im Zusammenhang mit der

[66] Der Planungsprozess zur Anpassung an den Klimawandel lässt sich in fünf Phasen unterteilen: 1. Betroffenheit: Klimawandel verstehen und beschreiben; 2. Klimafolgen ermittelten und Vulnerabilitäten beschreiben; 3. Maßnahmen: Maßnahmen entwickeln und vergleichen; 4. Umsetzung: Maßnahmen planen und umsetzen; 5. Auswertung: Anpassung beobachten und bewerten. Die Phasen bauen aufeinander auf und sollten im Idealfall der Reihe nach durchlaufen werden. Die Strukturierung hilft dabei, die komplexe Aufgabe der Klimaanpassung systematisch anzugehen.

Umsetzung von Anpassungsstrategien und -Maßnahmen. U.a. dabei wird die Entwicklung eines Klima-Checks für die integrierte Planung vorgeschlagen.

Empfehlungen für den Bund im Hinblick auf Stadt und Region

- Klimawissen anwendungsorientiert aufbereiten und bündeln: Den Akteuren fehlt oft eine Übersicht über die für sie relevanten Informationstools. Das umfangreich vorhandene Klimawissen sollte weiter gebündelt und zielgruppenspezifisch aufgearbeitet und angeboten werden.
- Wissenstransfer und das Voneinander-Lernen unterstützen: Die Diffusion und der Transfer guter Erfahrungen sind zu gewährleisten. Entsprechende anwendungserprobte Produkte und Materialien sind zu erstellen bzw. weiterzuentwickeln (z. B. Werkzeuge, Leitfäden, Handbücher, Expertisen, Fallstudien). Die Diffusion und der Transfer des vorhandenen Wissens sind so zu gestalten, dass eine Multiplikation und Nachahmung in Regionen verstärkt wird, die nicht Teil von Modellforschungen waren.
- Zusammen denken: Bei der Planung und Entwicklung von Maßnahmen sollten Belange der Klimaanpassung und des Klimaschutzes zusammen behandelt werden, insbesondere bei der städtischen Infrastruktur und Planung und Realisierung von Gebäuden.
- Klimarisiken offenlegen: Eine (zweite) Deichlinie sowie der Ausbau von Retentionsräumen in Flussräumen sind voranzutreiben. Im Umgang mit Hitze sind Stadtbegrünung, Frischluftschneisen, Freiflächen, Bewässerung, die Erhöhung des Albedo-Effekts sowie Prävention und Versorgung gefährdeter Bevölkerungsgruppen zentrale Ansatzpunkte. Eine wassersensible Stadtentwicklung hält Starkregenwasser zurück und mindert so Risiken durch Abflussspitzen.
- Strategische Ziele entwickeln und Nutzungs- und Zielkonflikte offenlegen: Die strategischen Ziele für die Anpassung sind verbindlicher zu formulieren. Bei der Entwicklung und konkreten Umsetzung von Maßnahmen sind Nutzungs- und Zielkonflikte offenzulegen.
- Klimachecks für Planwerke nutzen**:** Für die integrierte Planung sind Klimachecks zu entwickeln und einzusetzen, mit denen geprüft wird, welchen Beitrag Pläne zur vorsorgenden Anpassung an sich abzeichnende klimatische Veränderungen leisten.
- Städtebauförderung vertiefen: In den Städtebauförderprogrammen, insbesondere beim Stadtumbau, ist Klimaanpassung weiter zu integrieren. Denkbar wäre auch, die Förderung von Maßnahmen an die Ermittlung und Offenlegung urbaner Gefahren und Risiken zu koppeln.
- Unterstützung leisten: Aufgrund knapper Ressourcen sollten besonders kleine Kommunen bei der Beantragung von Fördermitteln unterstützt werden. Zur Prävention vor Klimarisiken sind auch für private Akteure entsprechende Anreize zu schaffen. Weiterhin sollten insbesondere spezifische handlungsfeld- und problembezogene (kleinere) Netzwerke gefördert werden.
- Anpassung mit anderen Aufgaben der Stadt- und Raumentwicklung abstimmen: Der Bund ist gefordert Informationen, Praxisbeispiele, Werkzeuge und Handlungsanleitungen zur Klimaanpassung in Abstimmung mit anderen Aufgaben der Stadt- und Raumentwicklung aufzuarbeiten und bereitzustellen.
- Formelle und informelle Instrumente ergänzen oder überarbeiten: Belange der Anpassung an den Klimawandel sollten zukünftig stärker an Fachthemen und -gebiete und formelle und informelle Instrumente der Stadt-, Raum- und Fachplanung angebunden werden. Die Kombination von formellen und informellen Instrumenten (z. B. Gefahrenkarten, Fachpläne zur Klimaanpassung) und der integrierten Betrachtung von Klimaanpassung ist zu verbessern.

F Umsetzung der DAS und Entwicklung des APA II

F 1 Verstetigung des DAS-Prozesses, neue Schwerpunkte, Verantwortlichkeiten

Der Klimawandel und die notwendigen Anpassungen an seine Auswirkungen stellen eine zentrale politische Herausforderung des 21. Jahrhunderts dar. Seit Einführung der DAS 2008 wurden auf internationaler und nationaler Ebene Wissensfortschritte zu anerkannten Methoden und Aussagen erreicht, die Aussagen über die Auswirkungen des Klimawandels auf globaler und zunehmend differenziert auf regionaler Ebene und in steigendem Maße durch empirische Daten abgesichert aufzeigen. Damit ist die Umsetzung des DAS-Prozesses in eine neue Phase eingetreten, in der Forschungsergebnisse und daraus entstandene Werkzeuge nun mehr auf operativer Ebene etabliert und in einen dauerhaften Routinebetrieb überführt, zugleich aber handlungsfeldspezifisch gepflegt und weiterentwickelt werden müssen. Dazu gilt es nun, das vorhandene, wissenschaftlich

anerkannte Wissens- und Datenangebot als dauerhaftes Angebot bereitzustellen und abzusichern. Dies gilt insbesondere für diejenigen Angebote, die für alle Handlungsfelder von übergeordneter Bedeutung sind. Damit werden die Voraussetzungen geschaffen, um die Auswirkungen des Klimawandels in allen Planungen zukünftig von Beginn an langfristig und umfassend berücksichtigen zu können. Entscheidungsträger werden sukzessive von einer neuen Beratungsqualität profitieren und können im Rahmen ihrer Zuständigkeiten den fortschreitenden Klimawandel weitsichtig und verantwortungsvoll berücksichtigen. Alle Verstetigungsaktivitäten des Bundes, die den Wissensfortschritt zu Auswirkungen des Klimawandels sowie Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zunehmend differenziert auch für die regionale Ebene bereitstellen, unterstützen die Aktivitäten der Länder. Initiativen wie die Vulnerabilitätsanalyse für Deutschland, die auch als Orientierung für die regionale Ebene dient, das Konzept für ein künftiges Angebot des Bundes zu Klimadiensten und Diensten zur Unterstützung der Anpassung oder regelmäßige Monitoringberichte werden deshalb ausdrücklich durch die Länder unterstützt.

Der fortlaufende DAS-Prozess ist somit dadurch geprägt, die Anpassung an den Klimawandel als Daueraufgabe auf operativer Ebene zu etablieren und dazu die benötigten Vorhersage- und Projektionsdaten und andere regelmäßige Dienstleistungen fortlaufend bereit zu stellen, zu aktualisieren und bei Bedarf weiter zu entwickeln. Insbesondere den staatlich relevanten Fachbehörden, die sich mit Klima und Klimaanpassung beschäftigen, ist damit eine neue Daueraufgabe zugewachsen. Dies gilt vor allem für die Bereiche Extremwetter und Wasser, wo die zuständigen Fachbehörden des Bundes ihr bestehendes operationelles Dauerangebot gezielt weiterentwickeln, ausbauen und routinemäßig den zentralen Klimadiensten bereitstellen sollen. Gleichzeitig gilt es zu gewährleisten, dass die Angebote fortlaufend durch weitere grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung aktualisiert, ergänzt und weiterentwickelt sowie bestehende Unsicherheiten und Wissenslücken reduziert werden. Das Zusammenspiel von zentralen Klimadiensten, den daten- und produktbereitstellenden Facheinrichtungen sowie den forschungspolitischen und wissenschaftlichen Institutionen und Einrichtungen, die den weiterhin notwendigen Wissensfortschritt unterstützen, gilt es nun zügig zu etablieren.

Die für die Handlungsfelder auf operativer Ebene zuständigen Verantwortlichen werden durch die neu entstandenen und entstehenden Wissens-, Produkt- und Datenangebote nun sukzessive in die Lage versetzt, ihre Betroffenheit besser zu erkennen und den Handlungs- und Ressourcenbedarf fachlich zu beschreiben. Diese Entwicklung bildet sich im APA II durch eine Zunahme an sektorspezifischen Maßnahmen und Instrumenten ab.

Eine koordinierte Vorgehensweise des Bundes gewinnt mit der Neuausrichtung der Aufgaben zunehmend an Bedeutung. Das Format der Interministeriellen Arbeitsgruppe, die den Prozess der Klimaanpassung auf Bundesebene steuert, hat sich erfolgreich bewährt und wird fortgeführt werden. Die Zusammenarbeit mit den Ländern über das Bund/Länder-Gremium unter der BLAG KliNa „Ständiger Ausschuss Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ (StA AFK), über die Ad-hoc Arbeitsgemeinschaft „Gesundheitliche Anpassung an die Folgend des Klimawandels“ (Ad-hoc AG Gesundheit) – sowie unterstützende Organisationsformen wie die Bund/Länder-Fachgespräche „Klimafolgen“ oder auch „Interpretation von regionalen Klimamodelldaten“ - haben sich aus Sicht der IMA wie der Länder ebenfalls bewährt und sollten fortgeführt werden. Diese Organisationsformen tragen der gesamtstaatlichen und gesamtgesellschaftlichen Herausforderung des Klimawandels in geeigneter Form Rechnung. Die Zuständigkeiten werden gewahrt, und es können sowohl klare Verantwortlichkeiten insbesondere für handlungsspezifische Herausforderungen benannt als auch wirkungsvolle Maßnahmen und Instrumente entwickelt und umgesetzt werden.

Die Anpassung an den Klimawandel etabliert sich zunehmend als Daueraufgabe, wobei die Ausgestaltung und Detailliertheit entsprechend der Zuständigkeiten und der Verantwortung für Aufgaben auf der Umsetzungsebene variieren. Dazu identifizierte die IMA als ressortübergreifende Daueraufgaben die Erstellung regelmäßiger Berichte über die Entwicklungen der Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen (Monitoringbericht, siehe D 2) sowie die Ermittlung der Verletzlichkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels (Vulnerabilitätsanalyse, siehe D 3 und E 1). Auf Basis der in Anhang 2 dargestellten Methodik und Organisationsform sollten künftig in regelmäßigen Zeitabständen (etwa alle 5 bis 7 Jahre) handlungsfeldübergreifende Vulnerabilitätsanalysen durchgeführt werden. Diese sollten den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisstand, die verfügbaren Daten und den methodischen Fortentwicklungsbedarf berücksichtigen und der Weiterentwicklung der DAS dienen. Aus Gründen der Vergleichbarkeit sollte die erarbeitete Methodik auch bei der Erstellung sektorspezifischer Vulnerabilitätsanalysen angewendet werden. Die Arbeiten zur Erstellung der Vulnerabilitätsanalyse sollen im Rahmen eines Netzwerks der Bundesbehörden und -institutionen unter Federführung des UBA es und unter Einbezug weiterer Expertise durchgeführt werden. Der IMA wird über die Arbeiten des Netzwerks regelmäßig berichtet. Darüber hinaus beabsichtigt der Bund, ein Gesamtangebot für Klimadienste

und Dienste zur Unterstützung der Klimaanpassung einzurichten. Dazu wurde ein Zwei-Säulen-Konzept entwickelt, das einen Deutschen Klimadienst (DKD) sowie ein Angebot von Diensten zur Klimaanpassung (KlimAdapt) umfasst.

Darüber hinaus wird der Bund künftig seiner steuernden Funktion mithilfe weiterer Rahmensetzungen von informellen, ökonomischen und Rechtsinstrumenten gerecht werden. Die informellen Instrumente streben Informations-, Kooperations- sowie Beteiligungsmaßnahmen zwischen staatlichen und nicht-staatlichen Akteuren an. Im Zentrum werden hier künftig Maßnahmen stehen, die die Informationen zu den zeitlich und regional spezifischen Auswirkungen des Klimawandels und den passgenauen Handlungsoptionen verbessern. Verbindliche formelle Instrumente werden die Umsetzung einer Anpassung an den Klimawandel beschleunigen, beispielsweise mit Blick auf notwendige Differenzierungen der Festlegungen in Raumordnungsplänen und -programmen. Der Bund wird deshalb künftig rechtliche Rahmensetzungen, wie Gesetze und Verordnungen oder auch technische Regelwerke und Normen stärker dazu nutzen, die Belange der Anpassung an den Klimawandel zu verankern. Ökonomische Instrumente bergen ein großes Potential zur Förderung der Klimaanpassung, welches künftig stärker genutzt werden soll. Entsprechende Vorschläge des Bundes finden sich in Kapitel F 2.

F 2 Entwicklung des APA II und Maßnahmen zur Wahrnehmung der internationalen Verantwortung

Die Aktivitäten des APA II sind den Clustern „Wasser“, „Infrastrukturen“, „Land“, „Gesundheit“, „Wirtschaft“ und „Raumplanung und Bevölkerungsschutz“ zugeordnet. Diese sechs Cluster wurden entsprechend auch in der Vulnerabilitätsanalyse verwendet (siehe D 3 und E 1). Aktivitäten mit einem Handlungsfeld übergreifenden Charakter, wie die Bereitstellung von Daten- und Informationsdiensten oder Förderaktivitäten zur Anpassung an den Klimawandel, sind unter ein zusätzliches Cluster „Übergreifend“ gefasst.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die zentralen Maßnahmen und Instrumente des APA II beschrieben. Darüber hinaus werden Maßnahmen zur Wahrnehmung der internationalen Verantwortung dargestellt, die aber nicht Bestandteil des APA II sind.

Für jedes Cluster werden zudem, für die einzelnen Handlungsfelder separat, die zentralen Politikinstrumente und Einzelmaßnahmen des Bundes auch in Kooperation mit den Ländern beschrieben. Beispielhaft werden weitere relevante nichtstaatliche Akteure genannt, welche zur Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel beitragen und damit potenzielle Klimaschäden reduzieren können.

F 2.1 Handlungsfeldübergreifende Aktivitäten

Gesamtangebot des Bundes für Klimadienste und Dienste zur Unterstützung der Klimaanpassung: 2 Säulenmodell

Mit Blick auf die Verstetigung des DAS-Prozesses und die Erreichung strategischer Ziele bei der Anpassung an den Klimawandel richtet der Bund ein Gesamtangebot für Klimadienste und Dienste zur Unterstützung der Klimaanpassung ein. In nationaler Umsetzung des globalen Rahmenwerks für Klimadienste (GFCS) wurde dazu im Herbst 2015 der *Deutsche Klimadienst* (DKD) mit einer Geschäftsstelle beim Deutschen Wetterdienst (DWD) eingerichtet. Die im DKD zusammengeschlossenen Partner stellen die zur Umsetzung der DAS und abgeleiteter Aktionspläne benötigten Klimainformationen und -dienstleistungen bereit [7.14].

Mit Blick auf ein anwendungsorientiertes Gesamtkonzept zur Anpassung an den Klimawandel in Deutschland ist beabsichtigt, den DKD mittelfristig durch ein Angebot von Diensten zur Anpassung an den Klimawandel zu ergänzen (KlimAdapt Deutschland). Hierzu zählen die Beobachtung und Bewertung von Klimafolgen, die Analyse von Vulnerabilitäten zur Identifizierung von Risiken, die Entwicklung und Bewertung von Maßnahmen und Instrumenten zur Anpassung an den Klimawandel, die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen, um Anpassungskapazitäten zu entwickeln und zu stärken sowie die Evaluierung der Umsetzung von Klimaanpassung [7.5, 7.8, 7.15].

Durch die Einrichtung der Geschäftsstellen für DKD (beim DWD) und KlimAdapt (beim UBA/ KomPass) sollen organisatorische Strukturen geschaffen werden, um die Aufgaben und Arbeiten, welche bereits heute zum Teil im Rahmen der Umsetzung der DAS durchgeführt werden, effizienter zu gestalten und als Daueraufgabe zu etablieren. Die IMA wird für DKD und KlimAdapt die Funktion eines Lenkungsausschusses übernehmen und die Beteiligung der Länder an übergreifenden Entscheidungen (beispielsweise durch ein Gast-

recht) absichern. Zur Unterstützung der forschungsbasierten und bedarfsgerechten Weiterentwicklung des Angebots sorgt die IMA für eine funktionierende Schnittstelle zu Forschung und Forschungsförderung.

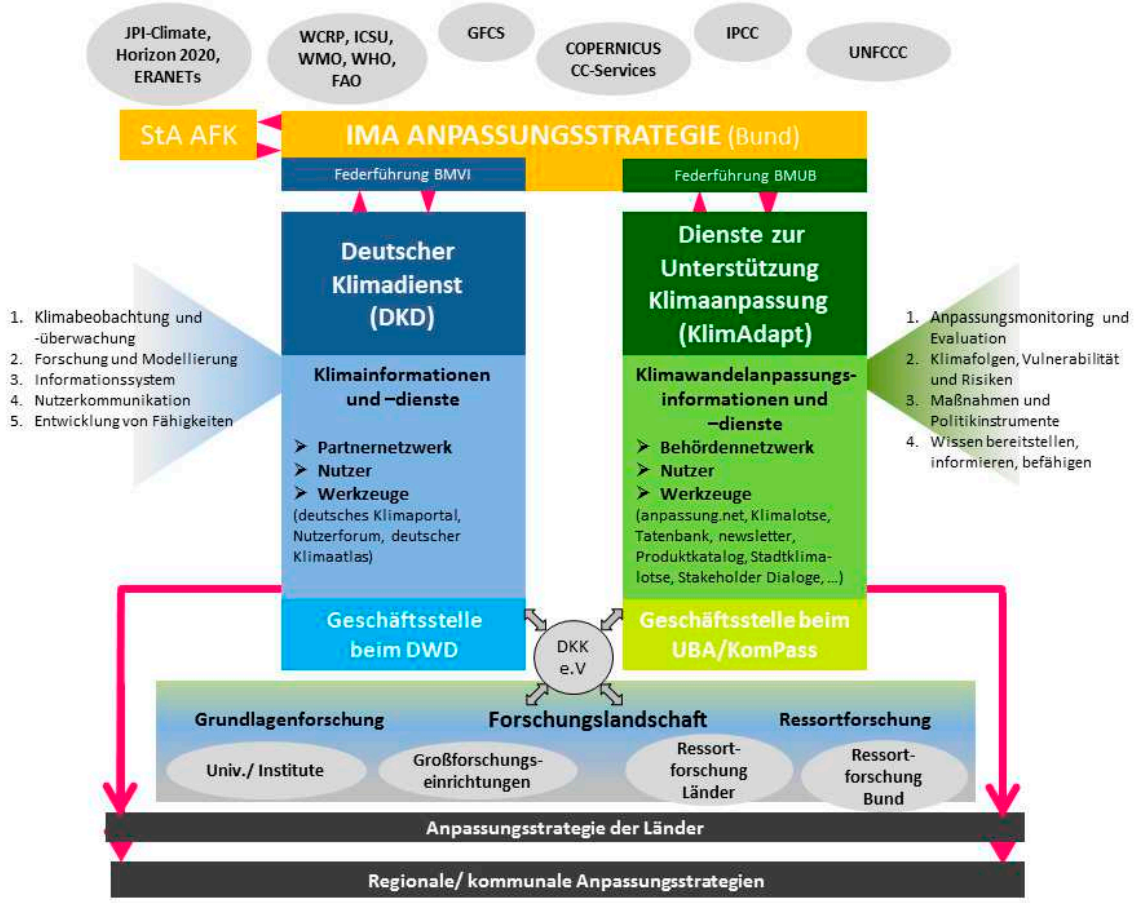


Abbildung 10: Organisation, Aufgaben und Zusammenarbeit von DKD und KlimAdapt unter der IMA Anpassungsstrategie.

Dienstleistungen für das 2 Säulenmodell

Die Produkte (z. B. Werkzeuge, Leitfäden, Handbücher, Checklisten) und Leistungen, die der Bund im Rahmen seines Gesamtangebots für Klimadienste und Dienste zur Unterstützung der Klimaanpassung erstellt, erfordern neben der Bereitstellung von geeigneten Beobachtungsdaten auch ein kontinuierliches Vorhersage- und Projektionsdatenangebot. Dem Ressortprinzip folgend werden ressort- bzw. handlungsfeldspezifische Entwicklungs- und Forschungsleistungen sowie Daten eingebracht. Die Bundesministerien und ihre Oberbehörden prüfen jeweils, wie die Mitwirkung und Ressortforschung bei entsprechend von der IMA identifiziertem Bedarf dauerhaft abgesichert werden kann, so dass im Rahmen der ressortübergreifenden Zusammenarbeit deren fachliche Expertise eingebracht werden kann.

Als wesentliche und einheitliche Grundlage für alle Handlungsfelder sind die derzeit vorhandenen *Klima-, Extremwettervorhersage- und Gewässer-Projektionsdaten routinemäßig bereitzustellen*. Die dafür zuständigen Fachbehörden des BMVI (DWD, BfG, BSH, BAW, WSV), die die entsprechenden nationalen Mandate haben, müssen dazu ihre vorhandenen Projektionswerkzeuge für diesen Bedarf gezielt weiterentwickeln und routinemäßig einsetzen [7.20]. Die Projektionen benötigen die Daten aus bestehenden nationalen Messnetzen des DWD (Klima und Wetter [7.19]), der WSV, der BfG (Binnen- und Küstengewässer [1.15]) und des BSH (Küstengewässer und Meer [1.16]), aus denen Projektionen bislang nur über das 2014 abgeschlossene Forschungsprogramm KLIWAS entwickelt werden konnten. Die Weiterentwicklung und dauerhafte Erstellung dieser Leistungen zu zeitlich nahtlosen Projektionen soll eine kontinuierliche, einheitliche Grundlage für alle Handlungsfelder etablieren und entsprechend den Erfordernissen mit Ressourcen hinterlegt werden. Der

Bund stellt hierfür weiterhin ein ausreichend engmaschiges Messnetz sicher, um auch den Akteuren vor Ort die notwendigen, aufbereiteten Wetter- und Klimadaten zur Verfügung stellen zu können.

Um die klimawandelbedingten Entwicklungen zu verfolgen, müssen die mit KLIWAS erzeugten Werkzeuge zur Projektion des Gewässerzustandes in eine regelmäßige Anwendung, Pflege und Weiterentwicklung gebracht werden und in die Planungsabläufe der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung einfließen, um rechtzeitig reagieren zu können. Für die neue, operationelle Daueraufgabe müssen die zuständigen Fachbehörden des BMVI über entsprechende Ressourcen verfügen können und durch weitere Forschungsmaßnahmen zur Schließung von Wissenslücken begleitet werden.

Des Weiteren wurde eine Vielzahl an nationalen Web-Portalen etabliert, um auch zukünftig dauerhaft Informationen über Klimawandel, Klimafolgen und Optionen zur Anpassung an den Klimawandel öffentlich bereit zu stellen und somit die o.g. Klimadienste (DKD, KlimAdapt) zu unterstützen. Dazu gehören das *Deutsche Klimaportal* [7.16], der *regionale Klimaatlas der Helmholtz Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren* [7.17], der *Klimanavigator* [7.18] und ein - aus bereits zur Verfügung stehenden Haushaltsmitteln - noch auszubauendes *nationales Informations-, Kommunikations- und Kooperationssystems zur Anpassung an den Klimawandel in Deutschland* [7.15].

Berichterstattung

Als ressortübergreifende Daueraufgabe hat die IMA vereinbart, alle vier Jahre den Monitoringbericht zur DAS fortzuschreiben. Damit steht der Bundesregierung ein Instrument zur Verfügung, mit dem sich die Entwicklungen von Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen über Zeitreihen verfolgen lassen.

Die IMA wird zukünftig alle vier Jahre einen Monitoringbericht zur DAS vorlegen. Dieser stellt in kompakter Form das verfügbare Wissen über beobachtete Auswirkungen des Klimawandels in Deutschland und begonnene Anpassungsaktivitäten ressortübergreifend dar. Die Grundlage der Berichterstattung sind Indikatoren, die auf gemessenen Zeitreihen beruhen. Sie ermöglichen es, Entwicklungen von Wirkungen des Klimawandels und den Fortschritt von Anpassungsprozessen zu verfolgen. Der Monitoringbericht ist damit ein wichtiges Informationsinstrument für Öffentlichkeit und Entscheidungsträger. Die IMA wird seine Fortschreibungen für die Evaluation und Weiterentwicklung der DAS nutzen. Der bereits im Frühjahr 2015 veröffentlichte erste Monitoringbericht ist Teil des ersten Fortschrittsberichts zur DAS. Er diente im Konsultationsverfahren zum Fortschrittsbericht als Informationsgrundlage.

An der Entwicklung des Indikatorensystems und der Erarbeitung des Erstberichts waren alle Bundesministerien beteiligt, und auch die Länder haben an der Entwicklung und Auswahl der Indikatoren zur DAS mitgearbeitet. Auch die künftigen Fortschreibungen werden in einem ressortübergreifenden Prozess erarbeitet werden, den die zentrale Koordinierungsstelle im UBA steuert.

Auch die regelmäßige Ermittlung (alle sechs Jahre) der handlungsfeldübergreifenden Vulnerabilität Deutschlands gegenüber den Folgen des Klimawandels wird von der IMA als ressortübergreifende Daueraufgabe angesehen. Der im Rahmen des Forschungsvorhabens ermittelte Forschungsbedarf (siehe auch D 3) soll prioritär abgearbeitet werden, um die Methodik und die Aussagekraft zukünftiger Vulnerabilitätsanalysen zu optimieren. Die Methodik für eine einheitliche Vulnerabilitätsanalyse, die der Bund über einen Zusammenschluss seiner Bundesoberbehörden zu einem Netzwerk Vulnerabilität gemeinsam entwickelt hat, soll die Grundlage für die zukünftigen Analysen bilden. Eine dauerhafte Etablierung des Behördennetzwerks Vulnerabilität wird von der IMA als zielführend angesehen, um künftige Aktualisierungen und Fortentwicklungen der Vulnerabilitätsanalyse sowie deren Durchführung zu begleiten. Allerdings erfordern diese Aufgaben auch dauerhaft personelle und finanzielle Kapazitäten, deren Bereitstellung derzeit unter einem Finanzierungsvorbehalt steht.

Forschung

Der Bund wird eine Vielzahl von Forschungsvorhaben durchführen, um die Wissensbasis zum Klimawandel zu stärken und Klimamodelle auf unterschiedlichen Skalen weiterzuentwickeln [7.3, 7.9, 7.10, 7.11, 7.12]. Das BMBF trägt durch verschiedene Forschungsprogramme zur Erweiterung des für Anpassung an den Klimawandel relevanten Wissens bei. Hierzu gehören Förderprogramme zur *Ökonomie des Klimawandels* [7.6] und ein Forschungsprogramm zu *Climate Services*, das gemeinsam mit 13 anderen europäischen Partnerländern und der EU-Kommission im Rahmen der Programmplanungsinitiative „JPI Climate“ aufgelegt wird [7.4]. Des Weiteren startet das BMBF eine Nationale Initiative zur Klimamodellierung, um Lücken im Verständnis von Schlüsselaspekten im Klimasystem zu schließen und die konzertierte Entwicklung leistungsfähi-

ger und verlässlicher Klimamodelle voranzutreiben. Aufbauend auf den Erfahrungen des 2014 abgeschlossenen Forschungsprogramms KLIMZUG startet als Bestandteil der Leitinitiative Zukunftsstadt eine Fördermaßnahme mit dem Titel *Klimahandeln in Stadt und Region: Mit transdisziplinärer Forschung zu Klimaresilienz,* die auf den weiteren Aufbau von Handlungswissen zu Klimaanpassung und Klimaschutz zielt [7.7].

Regelwerke und Normen

Die mit dem APA I begonnene Aktivität, bestehende *technische Regelwerke und Normen im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels zu überprüfen,* wurde mit der Einrichtung des Arbeitskreises Anpassung an den Klimawandel unter der Koordinierungsstelle Umweltschutz im DIN verstetigt. Ab 2016 soll die Zusammenarbeit mit ausgewählten Normungsausschüssen zur pilothaften Implementierung der Anpassung an den Klimawandel beginnen [7.1]. Ergänzend wird der Bund die *Potenziale einer systematischen Berücksichtigung von Anpassungsfragen bei relevanten Vorhaben, Plänen und Programmen („Climate proofing") prüfen* [7.13].

Förderprogramm Anpassung

Unter dem APA I wurde das *Förderprogramm Anpassung* etabliert. Es wird als Daueraufgabe mit einem inzwischen erhöhten Budgetansatz fortgesetzt und fördert die Erstellung von Konzepten zur Anpassung an den Klimawandel in Unternehmen, Bildungsangebote sowie kommunale Leuchtturmvorhaben zur Anpassung an den Klimawandel [7.2].

F 2.2 Aktivitäten im Cluster Raumplanung und Bevölkerungsschutz

Die Bewältigung des Klimawandels mit seinen regionalen Ausprägungen bleibt eine permanente und dynamische Herausforderung für die Raumordnung. Die Weiterentwicklung der „Leitbilder und Handlungsstrategien für die Raumentwicklung in Deutschland" der Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) wird dem Rechnung tragen.

Aktivitäten unter dem APA II wie das Forschungsprojekt *Klimawandelgerechter Regionalplan* [6.9] und der *Ergebnistransfer KlimaMORO in die breite Praxis* [6.10] sowie *Klimaresilienter Stadtumbau* [6.8] knüpfen an die Erfahrungen aus Modellvorhaben des Bundes aus dem APA I an (vgl. Kap. B 7). Ein *Modellvorhaben zur Integration von Klimawandel in die Raum-, Regional- und Bauleitplanung* [6.12] wird geprüft. Die Vorhaben streben an, gewonnene Erkenntnisse weiterzuentwickeln, sie zu systematisieren und in die breite Anwendung zu bringen.

Ein weiterer Schwerpunkt der Aktivitäten des Bundes bildet die Weiterentwicklung von Planungsinstrumenten, um Anforderungen der Anpassung an den Klimawandel besser in die Planungsverfahren integrieren zu können. Mit diesem Ziel wird das Vorhaben *Klimawandelgerechter Regionalplan* [6.9] aufgesetzt, es sollen *Risiko- und Gefahrenkarten in die Raumordnung integriert* [6.7] sowie *Möglichkeiten zur Flexibilisierung der Planungsziele in der Raumordnung und Flächennutzungsplanung geprüft* werden [6.1].

Eine übergeordnete, nicht klimawirkungsspezifische Aktivität, die Bevölkerungsschutz und Raumplanung verbindet, ist die *Fortführung der seit 2007 bestehenden ‚Strategischen Behördenallianz Anpassung an den Klimawandel'* aus Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), UBA, Technischem Hilfswerk (THW), Deutschem Wetterdienst (DWD) und Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) [6.5].

Im Bevölkerungsschutz sind darüber hinaus verschiedene Kooperationen zwischen staatlichen und nichtstaatlichen Akteuren etabliert, die nicht speziell als Aktivitäten im APA II ausgewiesen sind. Seit 2008 arbeiten das BBK, die bundesweit aktiven Hilfsorganisationen, die Freiwilligen und Berufsfeuerwehren und das THW in der Arbeitsgemeinschaft Klimawandel und Anpassung im Katastrophenschutz zusammen. Eine weitere Kooperation ist das Deutsche Komitee Katastrophenvorsorge (DKKV), dessen Mitglieder sich aus einem breiten Spektrum von staatlichen Einrichtungen, Forschungseinrichtungen, Wirtschaft, Nichtregierungsorganisationen und unabhängigen Experten zusammensetzen und das sich in verschiedenen Veröffentlichungen mit dem Klimawandel befasst hat (DKKV 2011a, 2011b).

Eine spezifische Aktivität für das Handlungsfeld ist die *Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz*, die sich beispielsweise mit Winterstürmen und extremen Schmelzhochwässern aus den Mittelgebirgen beschäftigt [6.3]. Als Aktivität im Bereich Aus- und Weiterbildung wird eine *Integration des Themas ‚Klimawandel' bzw. ‚An-*

passung an den Klimawandel' in Lehrveranstaltungen der Akademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe angestrebt [6.2].

Hinsichtlich der Trinkwasserverfügbarkeit sollen insbesondere die *Planungsgrundsätze bei Planung und Betrieb von Anlagen zur Trinkwasser-Notversorgung* (als Vorgabe für die Länder) neu festgesetzt werden. Hierzu ist zunächst eine Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf Anlagen der Trinkwasser-Notversorgung vorzunehmen [6.4].

Der Bund plant zudem eine Abfrage zur *Ermittlung des Selbstschutz- und Selbsthilfepotenzials in Städten und Gemeinden* als Basis für weitere Maßnahmen, wie die Erstellung eines Leitfadens für Kommunen [6.11].

Zu den weiteren, für den Bevölkerungsschutz relevanten Aktivitäten in unterschiedlichen Handlungsfeldern zählen der *Wasserstandsdienst* [1.16], die *Erstellung von Klima- und Abflussprojektionen für das Odereinzugsgebiet im Rahmen des ‚Climate Proofing' für Bundeswasserstraßen* [2.20] und die Prüfung der *Aufstellung eines Hitzeaktionsplans* [4.13].

F 2.3 Aktivitäten im Cluster Wasser

Handlungsfeld Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft

Eine Maßnahme zur Verbesserung der Informations- und Datenbasis ist die *DAS-Handlungsfeld übergreifende Datenbereitstellung und gewässerkundliche Beratung sowohl für historische und aktuelle Daten aus laufenden Messnetzen* [1.15; 1.16] als auch die zu entwickelnden in die Zukunft gerichteten Projektionsdaten [7.20].

Wichtigste Grundlage der Hochwasservorsorge in Deutschland ist die innerhalb der Flussgebiete national und international abgestimmte Hochwasserrisikomanagementplanung gemäß den europarechtlichen Vorgaben der Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie). Diese wird im ersten Zyklus Ende 2015 abgeschlossen sein und dann alle sechs Jahre aktualisiert, fortgeschrieben und weiterentwickelt. Hochwasserrisikomanagement als umfassendes Konzept berücksichtigt alle Aspekte der Vorsorge (z. B. Bau-, Risiko-, Flächen- und Verhaltensvorsorge sowie Gefahrenabwehr und Katastrophenschutz), die Bewältigung von Hochwasserereignissen, dessen Auswertung und die anschließende Regeneration. Die Fortschreibung der Hochwasserrisikomanagementplanung sollte Schwächen vorangegangener Zyklen aufgreifen und ambitioniert weiterentwickeln.

Ein integraler Teil des Hochwasserrisikomanagements und ein wichtiges zentrales Instrument zur Verbesserung des Hochwasserschutzes in Deutschland ist das *Nationale Hochwasserschutzprogramm (NHWSP)* in Verbindung mit dem *Sonderrahmenplan (SRP) „Maßnahmen des präventiven Hochwasserschutzes" der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und den Küstenschutzes" (GAK) [1.9]*. Unter anderem geht es um das Wiederherstellen natürlicher Überflutungsflächen bzw. die *Rückgewinnung von Retentionsflächen durch Deichrückverlegungen*, aber auch um die Erhöhung des Retentionsvolumens durch gesteuerte Rückhaltemaßnahmen [1.1]. Maßnahmen, die dem Fluss mehr Raum geben, können über den vorgenannten SRP gefördert werden. Für den *Bau von Hochwasserschutzanlagen* sollen die Möglichkeiten für beschleunigte Planungs- und Genehmigungsverfahren ausgeschöpft und zusammen mit den Ländern sowohl bundes- wie landesrechtliche Regelungen auf den Prüfstand gestellt und angepasst werden. Darüber hinaus plant der Bund zusammen mit den Ländern weitere Regelungen des materiellen Hochwasserschutzes zu überarbeiten, um einen verbesserten vorbeugenden Hochwasserschutz zu erreichen. Dies soll durch die Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) und gegebenenfalls weiterer Vorschriften erreicht werden [1.5].

Ein Instrument zur verbesserten Wasserrückhaltung ist die verstärkte Umsetzung von *Natural Water Retention Measures (NWRM)* [1.3]. Des Weiteren sollen die Potenziale einer *Überarbeitung der Betriebs- und Bewirtschaftungspläne für Talsperren, Speicher und Rückhaltebecken* – als Kooperationsaufgabe von Bund und Ländern – geprüft werden [1.4]. Dabei sollen auch Konzepte zum Niedrigwassermanagement in den von Trockenheit betroffenen Gebieten Ostdeutschlands einbezogen werden.

Für einen verbesserten Umgang mit Sturzfluten und den Auswirkungen von Starkregenereignissen auf Kanalnetz und Kläranlagen werden zwei Instrumente auf ihre Potenziale hin geprüft:

- Die *Erstellung von Risiko- und Gefahrenkarten für Starkregen und Sturzfluten*: In der nationalen Umsetzung der EU-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL) im WHG wurden Fluss- und Küstenhochwässer berücksichtigt. Durch Starkregenereignisse hervorgerufene Sturzfluten wurden aus fachli-

chen Gründen richtlinienkonform ausgenommen. Das Potenzial von Risiken und Gefahrenkarten für Starkregenereignisse soll ermittelt werden [1.7].

- Die Festschreibung einer systematischen Vorgehensweise zur Planung von Maßnahmen der *dezentralen Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungs- und Gewerbegebieten,* insbesondere bei der Neuerschließung [1.8].

Um Auswirkungen des Klimawandels auf den Gewässerzustand angemessen zu berücksichtigen, wird die *Einführung eines formalen Planungsmoduls zur Klimawandelfolgenermittlung und -bewertung in Bewirtschaftungsplanung und Wasserrahmenrichtlinie* verfolgt [1.6]. Das im Koalitionsvertrag der Bundesregierung vorgesehene Bundesprogramm „Blaues Band" zielt außerdem auf die *Renaturierung von Fließgewässern und Auen* ab, die gleichzeitig einen Beitrag zum Hochwasserschutz leistet [1.2].

Handlungsfeld Küsten- und Meeresschutz

Das Handlungsfeld Küsten- und Meeresschutz umfasst sowohl den Küstenschutz als Reaktion auf Gefährdungen durch Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten als auch den Meeresschutz, der sich auf den Gewässerzustand der Meere richtet.

In diesem Handlungsfeld werden eine Reihe von Daueraufgaben durchgeführt, die sich auf Monitoring und die Bereitstellung von Daten sowohl zu Wasserständen als auch zum physikalischen und chemischen Gewässerzustand beziehen [1.10; 1.11; 1.12; 1.16].

Planerische Befugnisse und Zuständigkeiten für den Meeresraum sind komplex. Für die Küstenmeere innerhalb der 12-Seemeilenzone gelten Raumordnungspläne der Küstenbundesländer, für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) hat sich in den letzten Jahren eine Raumordnung unter Federführung des Bundes entwickelt. In der Meerespolitik spielt die Europäische Union eine wichtige Rolle. In Bezug auf die Anpassung an den Klimawandel wurde auf EU-Ebene ein spezielles Strategiedokument für Küsten und Meere erarbeitet (SWD/2013/133). Das entscheidende Regelwerk für den Meeresschutz auf EU-Ebene ist die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (RL 2008/56/EG – MSRL), deren Ziel die Erreichung eines guten Umweltzustands der Meeresgewässer bis 2020 ist. In Deutschland besteht für die Zusammenarbeit von Bund und Ländern zum Meeresschutz, insbesondere zur Umsetzung der MSRL, seit 30. März 2012 ein Verwaltungsabkommen, das zwischen dem BMUB (federführend), dem BMVI und dem BMEL auf Bundesseite und den Umweltministerien der fünf „Küstenländer" Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein geschlossen wurde.

Nach Art. 91 a Abs. 1 Nr. 3 GG wirkt der Bund auf dem Gebiet der „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" mit. Die grundsätzlichen Zuständigkeiten der Länder nach Art. 30, 83 ff GG bleiben davon unberührt. Den Rahmen für das Zusammenwirken von Bund und Ländern im Küstenschutz bildet die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" (GAK). Als Reaktion auf die Gefahren des Klimawandels wurde der GAK-Sonderrahmenplan „Maßnahmen des Küstenschutzes in Folge des Klimawandels" für 2009-2025 aufgestellt. Im *Verbundprojekt COMTESS*, welches als *BMBF-Fördermaßnahme „Nachhaltiges Landmanagement"* finanziert wird, werden anhand von Szenarien die Auswirkungen von bewährten und innovativen Maßnahmen zum Küstenschutz auf Ökosystemdienstleistungen untersucht [1.13].

Raumplanerische Maßnahmen des vorsorgenden Küstenschutzes liegen in der Kompetenz der Länder, Planungsregionen und Kommunen. So plant Schleswig-Holstein bei der Fortschreibung seines Landesentwicklungsplanes die Ausweisung von Vorranggebieten für Klimafolgenanpassung im Küstenraum sowie die Ausweisung von Vorbehaltsgebieten für den Küstenschutz in nicht ausreichend geschützten Küstenniederungen. Im Rahmen des KlimaMORO-Modellvorhabens Vorpommern wurde als neues raumplanerisches Instrument die Festlegung von Vorbehaltsgebieten „Anpassung an den steigenden Meeresspiegel" angeregt.

Als nichtstaatliche Akteure spielen Wasser- und Bodenverbände eine wichtige Rolle für den Küstenschutz. Ihre Zuständigkeiten sind je nach Land unterschiedlich.

Indirekte Bedeutung für den Küstenschutz bzw. den küstennahen Hochwasserschutz haben eine Reihe von im Anhang 3 ausgewiesenen Aktivitäten zum *‚Climate proofing' von Bundeswasserstraßen* (Nord-Ostsee-Kanal, Eider, Unter-Trave, Außen-Elbe, Unter-Weser) [2.7 bis 2.12].

Handlungsfeld Fischerei

Im Handlungsfeld Fischerei wird nach bisherigen Erkenntnissen eine besonders starke Wirkung des Klimawandels auf die Fischbestände im Meer erwartet. Auch die Binnenfischerei kann vom Klimawandel betroffen sein; hier besteht weiterer Forschungsbedarf, um Klimawirkungen und Anpassungsmöglichkeiten genauer bestimmen zu können.

Einwirkungen des Klimawandels auf Fischbestände werden sich kaum direkt durch Anpassungsmaßnahmen abschwächen lassen. Sie treffen auf eine bereits kritische Situation, die durch die Bedrohung der Fischbestände durch Überfischung sowie Ökosystemveränderungen durch Beeinträchtigungen der Gewässerqualität und direkte Eingriffe in Gewässerökosysteme (z. B. Sand- und Kiesabbau, Offshore-Windenergie) gekennzeichnet ist. Mögliche Gegenmaßnahmen sind in diesem Kontext zu diskutieren und lassen sich voraussichtlich nicht als überwiegende Klimawandelanpassungsmaßnahmen definieren. Zugleich sind natürliche Systeme, wie die Reproduktion und Wanderung von Fischen, schwierig vom Menschen beeinflussbar. Allerdings machen mögliche zusätzliche Beeinträchtigungen durch den Klimawandel Maßnahmen des Gewässer- und Artenschutzes insgesamt dringlicher.

In der Fischerei ist die EU ein wichtiger Akteur, da sie die geteilte Zuständigkeit dafür innehat (Artikel 4 AEUV) und zudem über die ausschließliche Zuständigkeit für die Erhaltung der biologischen Meeresschätze im Rahmen der gemeinsamen Fischereipolitik (GFP) verfügt (Artikel 3 AEUV). Ein „Climate proofing“ der GFP ist Teil der EU-Anpassungsstrategie (vgl. hierzu das Dokument „Principles and recommendations for integrating climate change adaptation considerations under the 2013-2020 European Maritime and Fisheries Fund operational programmes“, SWD(2013) 299).

Die bereits erwähnten Aktivitäten zu Monitoring und Datenbereitstellung in Bezug auf den Gewässerzustand von Binnen- und Meeresgewässern sind für das Handlungsfeld Fischerei relevant [1.10; 1.11; 1.12; 1.15] um zukünftig spezifische Aktivitäten zu definieren.

F 2.4 Aktivitäten im Cluster Infrastrukturen

Handlungsfeld Bauwesen

Um Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Sturmfluten, Flusshochwasser und Sturzfluten zu verringern, sind in erster Linie Aktivitäten relevant, die bereits im Cluster Wasser genannt wurden. Auch planerische Instrumente wie die *Integration von Risiko- und Gefahrenkarten in die Raumordnung* [6.7] unterstützen hier die Anpassung an solche Klimawirkungen.

Ein zweiter Schwerpunkt liegt auf den Auswirkungen von Hitze und damit auf Beeinträchtigungen des Stadtklimas und Herausforderungen für die Temperaturregulierung in Gebäuden. Es soll geprüft werden, inwieweit das *Bund-Länder-Förderprogramm „Soziale Stadt“* geeignet ist, Wärmeinseleffekten und damit verbundenen Gesundheitsrisiken zu begegnen [4.2]. Um einem erhöhten Energieverbrauch für die Gebäudekühlung entgegenzuwirken, wird eine *Überarbeitung von Effizienzstandards in der Energieeinsparverordnung (EnEV)* geprüft [2.37].

Aktivitäten, die Relevanz für eine größere Bandbreite von Klimawirkungen haben, sind die *Auswertung und der Transfer von Ergebnissen der Modellvorhaben des Forschungsfeldes StadtKlimaExWoSt* zum klimaresilienten Stadtumbau [6.8], die Prüfung möglicher *Anpassungen des Bauordnungsrechts an zukünftige Klimarisiken* [2.36], die *Überarbeitung von Klimadatennormen* [2.35] und *technischer Regelwerke und Normen im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels* [7.1] sowie die *Entwicklung eines Geoinformationssystems zur bundesweiten Risikoabschätzung von zukünftigen Klimafolgen für Immobilien* [2.43]. Im eigenen Verantwortungsbereich plant der Bund eine systematische Einbeziehung von Klimawandelanpassungsaspekten bei der *Sanierung und Neubau von Liegenschaften des Bundes* [2.45].

Das Handlungsfeld Bauwesen umfasst eine Vielzahl von Akteuren. Städte und Gemeinden, hier insbesondere die für Planen und Bauen zuständigen Dezernate der kommunalen Verwaltung, sind von zentraler Bedeutung, da Bauwesen zu einem großen Teil in den kommunalen Aufgabenbereich fällt. Unter den nichtstaatlichen Akteuren sind Architektur-, Planungs- und Ingenieurbüros sowie entsprechende Berufsverbände und Ausbildungseinrichtungen, private und gewerbliche Gebäudeeigentümer, Verbände der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft sowie Mietervereine zu nennen. Auch von Umweltverbänden und Bürgerinitiativen können Aktivitäten ausgehen. Bei der Absicherung von Immobilien gegen Elementarschäden ist die Versicherungswirtschaft ein wichtiger Partner [5.5]. Ferner können Normungsgremien als Schnittstelle zwischen dem staatlichen

und privatwirtschaftlichen Bereich eine Rolle spielen. Entscheidend für ein klimaangepasstes Bauwesen sind daher Maßnahmen der Vernetzung, Qualifikation und Information der unterschiedlichen Akteure.

Handlungsfeld Energiewirtschaft

Im Handlungsfeld Energiewirtschaft werden mittlere Handlungserfordernisse bei den Kraftwerken (in Bezug auf Knappheit von Kühlwasser für thermische Kraftwerke, Schäden an Erzeugungsanlagen) indiziert. Die *Überprüfung von Wärmelastplänen unter veränderten hydrologischen und Temperaturbedingungen* wird wichtige Impulse für notwendige Anpassungen geben [2.46].

Im Rahmen der Vorhaben zur *Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur* hat das *„Climate proofing" der Bundeswasserstraße Donau* Relevanz für die Energieversorgung aus Wasserkraft, da sich an Staustufen der Donau große Flusskraftwerke befinden. In dem Vorhaben wird simuliert, wie sich der Klimawandel auf die Niedrigwasserabflussmengen der Donau auswirkt [2.18].

Energieerzeugungs- und Energieversorgungsunternehmen als Anlagen- und Netzbetreiber sowie deren Verbände bilden die wichtigste nicht-staatliche Akteurs-Gruppe im Handlungsfeld Energie; im Gebäudeenergiebereich sind weitere spezialisierte Verbände von Bedeutung. Auf kommunaler Ebene sind im Energiebereich auch Klimaschutzkonzepte und -aktivitäten relevant, welche durch die Nationale Klimaschutzinitiative des BMUB (NKI) gefördert werden. Diese Strukturen eines Klimaschutzmanagements können auch für potenzielle kommunale Anpassungsmaßnahmen genutzt werden. In sogenannten Energiebeiräten werden darüber hinaus Vertreterinnen und Vertreter von fachlich kompetenten Institutionen, Bürgerinitiativen, Verbänden, Gewerkschaften und der Kommunalpolitik zur Entwicklung und Durchführung kommunaler Klimaschutzprojekte beratend hinzugezogen. In diesen Beiräten sind auch Wissenschaft (Hochschulen) und Wirtschaft (IHK, Energiewirtschaft, Regionalverband, Handwerk) vertreten. Sie spielen somit potentiell auch eine Rolle bei der Anpassung an den Klimawandel im Energiebereich.

Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur

Zur Anpassung der *Schieneninfrastruktur* tragen die *Erfassung* ihrer *Vulnerabilität* [2.3] und die *Evaluierung der Anpassung des technischen Regelwerks bei der Deutschen Bahn AG Infrastruktur* [2.4] bei. Speziell auf Überschwemmungsereignisse zielt die *Bestimmung von Bahn-Ausweichstrecken* [2.2].

Im Bereich der Straßenverkehrsinfrastruktur werden im Programm *„Adaptation der Straßenverkehrsinfrastruktur an den Klimawandel" (AdSVIS)* [2.21] die Auswirkungen des Klimawandels auf die Straßenverkehrsinfrastruktur und den Straßenbetriebsdienst analysiert, Vulnerabilitätsbewertungen für einzelne Elemente der Straßenverkehrsinfrastruktur durchgeführt und Anpassungsoptionen und -technologien entwickelt und erprobt.

AdSVIS identifiziert damit klimawandelbedingte Risiken, die bei der Planung und im Bau oder während des Betriebs und der Erhaltung auftreten können. Es werden also Hinweise geliefert, wie stark sich die Lebensdauer durch die Auswirkungen des Klimawandels verkürzt und wie eine ausreichende Lebensdauer durch Anpassungsmaßnahmen erreicht werden kann.

Im Zentrum von AdSVIS steht das Projekt „Risikoanalyse wichtiger Verkehrsachsen des Bundesfernstraßennetzes im Kontext des Klimawandels" (RIVA) [2.22]. Ziel des Projektes ist eine Methodik für die Identifikation, Analyse und Bewertung der Risiken des Klimawandels zu entwickeln und an ausgewählten Streckenabschnitten im deutschen Teil des TEN-T (Transeuropäisches Netz – Transport) zu validieren. Weitere Projekte befassen sich insbesondere mit der Dimensionierung von Straßenentwässerungseinrichtungen [2.38] und dem temperaturabhängigen Verhalten von Asphalt- und Betonbefestigungen [2.28; 2.39] sowie den Auswirkungen des Klimawandels auf Brücken und Tunnelbauwerke [2.34].

Da der Klimawandel nicht nur direkte Schäden an Straßen und Infrastrukturbauwerken verursachen kann, beschäftigt sich AdSVIS auch mit Hang- und Böschungsrutschungen [2.27] an Straßen sowie mit Fragen des Betriebsdienstes [2.26]. So können die Folgen des Klimawandels für die Straßenverkehrsinfrastruktur breit gefächert abgebildet und beurteilt werden. Dies ist zentral, um Anpassungsmaßnahmen zu erarbeiten, Regelwerke weiterzuentwickeln und die Straßeninfrastruktur resilient zu gestalten.

Die gewonnenen Forschungsergebnisse in Bezug auf den Klimawandel sollen in die Regelwerke der entsprechenden Gremien, welche die Regeln der Technik erarbeiten, einfließen. Exemplarisch sind hier die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), die Bundesanstalt für Straßenwesen (BaSt) und das DIN zu nennen.

Im Projekt Vernetzung und Kommunikation des Forschungsprogrammes AdSVIS [2.44] wird der Austausch der Ergebnisse und Zwischenergebnisse untereinander und nach außen z. B. in Form von Konferenzen koordiniert.

Relevant für Verkehrswege ist außerdem die *Evaluierung von Aussagen zur Klimaverträglichkeit im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung für Neu- und Ausbauvorhaben* [2.5].

Eine übergeordnete Aktivität des Bundes für die Bundeswasserstraßen und der Schifffahrt ist die *Etablierung der Aufgabe „Anpassung an den Klimawandel" in der Verwaltungsstruktur und dem Aufgabenportfolio der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung* des Bundes (WSV) als neue Daueraufgabe [2.1]. Dies erfolgt im Rahmen der laufenden Reform der WSV. Aus dem Vorlauf durch das Forschungsprogramm KLIWAS (2009 – 2013) haben sich erste Anpassungsmaßnahmen entwickelt, die im APA II aufgeführt sind [2.6 bis 2.20]. Dabei handelt es sich im Rahmen des „*Climate proofing*" für die unterschiedlichen *Bundeswasserstraßen* zunächst überwiegend um die Erweiterung bzw. den Aufbau von regionalen wasserwirtschaftlichen Steuerungsinstrumenten, um den Betrieb, die Unterhaltung und den Ausbau der Bundeswasserstraßen für die Zukunft abzusichern. Entsprechende Aktivitäten wurden z. B. für den Nordostseekanal schon begonnen [2.6 und 2.7]. Andere sind aufgrund fehlender Personalressourcen noch nicht möglich. Ein wichtiger Fokus liegt im Binnenbereich auf der Entwicklung der Niedrigwassersituationen. Um diese neue Daueraufgabe in der WSV angemessen erledigen zu können, müssen die bei den Fachbehörden BfG, BSH, BAW und DWD mit KLIWAS erzeugten Werkzeuge zur Projektion der zukünftigen Gewässerzustände in eine regelmäßige Anwendung, Pflege und Weiterentwicklung gebracht und der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung zur Verfügung gestellt werden [7.20]. Weiterhin sind nach Beendigung von KLIWAS weitere Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen zur Schließung von Wissenslücken und zum Aufbau von regionalen Wirkmodellen erforderlich.

Es ist selbstverständlich, dass die bestehenden Wasserstandsdienste der WSV, der BfG [1.15] und des BSH [1.16] weiterbetrieben und bedarfsgerecht entwickelt werden müssen, um die Zuverlässigkeit des Verkehrsträgers Schiff/ Wasserstraße abzusichern. Diese Daten sind auch für andere Handlungsfelder von großem Nutzen.

Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)

Die Schifffahrt auf dem Meer und im Binnenbereich als Bestandteil zuverlässiger, wirtschaftlicher und umweltfreundlicher Logistikketten sichert die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands als Wirtschaftsstandort. Daher ist die Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auf den Bundeswasserstraßen als Kernaufgabe der WSV auch im Hinblick auf den Klimawandel und dessen Auswirkungen mit der notwendigen Vorausschau zuverlässig und nachhaltig zu erfüllen. Das Leitmotiv „Mobilität ermöglichen und die Umwelt schützen" für das Handeln der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung bringt dieses Ziel treffend zum Ausdruck.

Mit den Ergebnissen aus dem KLIWAS-Forschungsverbund (siehe Textbox KLIWAS in Kap. B 3) und ihrer aktiven Beteiligung am Forschungsprogramm wurde für die WSV eine Grundlage für die neue Daueraufgabe „Anpassung an den Klimawandel" geschaffen. Im Zuge der laufenden Reform der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung hat die WSV die neue Aufgabe „Anpassung an den Klimawandel" und auch den Klimaschutz in ihren Aufgabenkatalog aufgenommen und schafft damit die organisatorischen Voraussetzungen für die praktische Umsetzung. Dazu gehört auch eine Überprüfung und Aktualisierung der bestehenden Verwaltungsvorschriften und Regelwerke an diese neuen Aufgaben. Ziel ist es, die Unterhaltungs- und Betriebsabläufe sowie die Infrastrukturen klimarobust zu entwickeln. Die WSV zeigt damit exemplarisch auf, wie die Etablierung dieser neuen Daueraufgabe in einer bundesweit operativ tätigen Verwaltung erfolgreich gelingen kann.

Nach Beendigung von KLIWAS ist es jetzt die Aufgabe der WSV, die vorgelegten Ergebnisse sorgfältig auszuwerten und sukzessive in die Planungs- und Entscheidungsprozesse zu integrieren bzw. ggf. neuen Untersuchungsbedarf abzuleiten. Erste Vorschläge für das weitere Vorgehen befinden sich in der Entwicklung und sind in den Fortschrittsbericht und den APA II eingeflossen. Diese konzentrieren sich zunächst vor allem auf die Erstellung regionaler Modellwerkzeuge zur wasserwirtschaftlichen Steuerung und den Betrieb von Anlagen sowie die Erzeugung von Abflussprojektionen für Bundeswasserstraßen, die in KLIWAS nicht bearbeitet werden konnten. So sind z. B. entsprechende Maßnahmen für die zukünftige Wasserbewirtschaftung des Nord-Ostsee-Kanals bereits in Bearbeitung.

Weitere Aktivitäten des Bundes zielen auf die *Erhebung und Aufbereitung von Daten* ab, wie die *Ermittlung von Datengrundlagen zur Berücksichtigung von Klimawirkungen bei der Projektdefinition in der Bundesverkehrswegeplanung* [2.40] oder die *Erstellung von Karten der Eisbedeckung in der Ostsee* [2.41]. Um den

komplexen fachlichen Anforderungen und Herausforderungen für die Zukunftsthemen wie Klima, Umwelt, Verkehrs- und digitale Infrastrukturen besser gerecht zu werden, hat das BMVI im Jahr 2014 ein verkehrsträgerübergreifendes Expertennetzwerk aus seinen Ressortforschungseinrichtungen zusammengeschlossen, um Synergien bei der Entwicklung des erforderlichen Wissensfortschrittes zu heben und den Entscheidern eine neue Beratungsqualität anzubieten.

F 2.5 Aktivitäten im Cluster Land

Handlungsfeld Boden

Im Handlungsfeld Boden sind im APA II eine Reihe von übergeordneten Aktivitäten im Bereich Monitoring, Datenbereitstellung und Informationsaustausch vorgesehen, die für unterschiedliche Klimawirkungen relevant sind [3.23; 3.24; 3.27; 3.19]. Seit 2014 liegen erste bundesweite Daten und Karten über die *Bodenerosionsgefährdung durch Wind und Wasser* vor, die im Rahmen des APA II fortgeschrieben und validiert werden sollen [3.10; 3.11]. Des Weiteren werden Veränderungen des Humusgehaltes und deren Ursachen untersucht [3.12].

Bei den Aktivitäten zum Bodenschutz liegt ein Schwerpunkt auf dem Schutz von Mooren, die nicht nur als Wasserspeicher und Biotope schützenswert sind, sondern als Kohlendioxidspeicher auch eine wichtige Rolle für den Klimaschutz spielen [3.7].

Da Vulnerabilität und Anpassungsmöglichkeiten für Böden stark von der Art der Landnutzung abhängen, ist der Bodenschutz in den betreffenden Handlungsfeldern mit zu bedenken. An erster Stelle ist hier die Land- und Forstwirtschaft zu nennen, aber auch Bauwesen und Verkehr spielen im Kontext der Flächenversiegelung eine wichtige Rolle. Im Rahmen des APA II sollen daher *zielgruppenorientierte Qualifikationsmaßnahmen zur Berücksichtigung der Kühlfunktion und der Kohlenstoffspeicherfunktion des Bodens bei seiner Nutzung* durchgeführt werden, die sich insbesondere an Bodennutzer aus der Land- und Forstwirtschaft sowie dem Bauwesen richten [3.26].

Handlungsfeld Biologische Vielfalt

Im Handlungsfeld Biologische Vielfalt stellt die Ausbreitung invasiver Arten als mögliche Klimawirkung eine spezifische Herausforderung dar, für die ein besonderer Handlungsbedarf gesehen wird. In Bezug auf u.a. dieses Problem sollen die *Möglichkeiten eines koordinierten Vorgehens von Bund und Ländern zur Einrichtung eines Monitorings direkter und indirekter Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland* geprüft werden [3.22].

Weitere für das Handlungsfeld ausgewiesene Klimawirkungen – auf Areale von Arten, Ökosystemleistungen sowie Biotope und Habitate – stehen in vielfältiger Wechselwirkung miteinander. Dementsprechend ist auch ein Großteil der Aktivitäten für mehrere Klimawirkungen in diesem Handlungsfeld relevant.

Vorgesehen sind eine Reihe umfassender Aktivitäten wie die *Fortführung und Verstärkung der Forschung zum Thema Biodiversität und Klimawandel* [3.17], die *Fortführung der Förderung von Maßnahmen zur Sicherung der Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel im Rahmen des Bundesprogramms Biologische Vielfalt* [3.6], und die *Durchführung von Informationskampagnen zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt* [3.28]. Andere Aktivitäten beziehen sich dagegen spezifisch auf bestimmte Ökosysteme wie *Moore, Fließgewässer und Auen* [1.2; 3.7].

Ein weiterer Komplex von Aktivitäten betrifft die Anpassung von naturschutzrechtlichen und planerischen Instrumenten. Dies umfasst die *Entwicklung von Leitbildern der räumlichen Gesamtplanung für anpassungsfähige und belastbare Raum- und Landschaftsstrukturen vor dem Hintergrund des Klimawandels* [3.32], die *nachhaltige Ausgestaltung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen unter Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels* [3.30] sowie *die Entwicklung landschaftspflegerischer Maßnahmen zum Erhalt der Durchlässigkeit von Landschaften* [3.31]. Deren modellhafte Umsetzung wird geprüft. Hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosystemleistungen sollen *Prognosen der Entwicklung von Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen* sowie der Biodiversität erstellt und ein in Deutschland einheitlich anwendbares *Bewertungssystem für den Zustand und die nachhaltige Entwicklung naturnaher terrestrischer Ökosysteme* entwickelt werden [3.9]. Außerdem sollen mögliche marktwirtschaftliche Instrumente untersucht werden [3.8].

Handlungsfeld Landwirtschaft

Der Bund plant hier mehrere Forschungsaktivitäten mit Bezug zur Landwirtschaft, die sich schwerpunktmäßig mit den Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln unter den Bedingungen des Klimawandels befassen [3.14; 3.15; 3.20].

Neben der Entwicklung landwirtschaftlicher Erträge erfordern jedoch auch Auswirkungen landwirtschaftlicher Aktivität in Handlungsfeldern wie Wasser, Boden und Biologische Vielfalt in Verbindung mit klimabedingten Änderungen eine besondere Aufmerksamkeit. Ein Forschungsvorhaben richtet sich daher auf die Verbesserung der landwirtschaftlichen Praxis und auf diesbezügliche Regulierungsmöglichkeiten. Besonders angesprochen sind eine schonende Bodenbearbeitung [3.18].

Förderung und Regulierung der Landwirtschaft sind wesentlich durch die gemeinsame Agrarpolitik der EU (GAP) bestimmt. Begleitend zur EU-Anpassungsstrategie wurde ein Dokument zur Einbeziehung von Anpassungsbelangen in ländliche Entwicklungsprogramme erarbeitet.[67] Bei den Entwicklungsprogrammen und -plänen des ländlichen Raums handelt es sich um ein zentrales Instrument zur Umsetzung von Umweltschutz- und Klimawandelanpassungsmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Praxis. Die ELER-Verordnung von 2013 gibt den aktuellen Rahmen für die Förderung der ländlichen Entwicklung unter der GAP vor. Gemäß Art. 28 der aktuellen ELER-Verordnung ist die Aufnahme von „Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen“ in die Programme zur Entwicklung des ländlichen Raums auf nationaler und/oder regionaler Ebene verpflichtend. Die Ausgestaltung obliegt in Deutschland den Ländern.

Ein wichtiger Akteur für die Anpassung an den Klimawandel der Landwirtschaft sind die Landwirtschaftskammern, die bereits in einer Reihe von Anpassungsprojekten, unter anderem unter den Fördermaßnahmen klimazwei und KLIMZUG, mitgewirkt haben. Der Bundesverband der Landwirtschaftskammern hat außerdem Fachinformationen zu Anpassungsstrategien in den Bereichen Pflanzenbau und Tierhaltung herausgegeben.

Eine zunehmend wichtige Rolle spielen bestehende landwirtschaftliche Beratungsstellen, wie die Landwirtschaftskammern im Nordwesten Deutschlands, die staatliche Offizialberatung in den südlichen Ländern oder die privatwirtschaftlich organisierte Beratung in Norddeutschland. Durch die Qualifizierung von Beratern und die Erarbeitung von Empfehlungen, wie zum Beispiel den 2009 von der bayerischen Landesverwaltung herausgegebenen „Anbau- und Nutzungsempfehlungen für Energiepflanzen“, können staatliche Stellen die Anpassung der Landwirtschaft an neue Herausforderungen unterstützen.

Handlungsfeld Wald- und Forstwirtschaft

Für das Handlungsfeld Wald- und Forstwirtschaft wurden daher in erster Linie übergeordnete Aktivitäten formuliert, die mehreren Klimawirkungen zugeordnet werden können. Dazu gehören Forschungsprojekte [3.13; 3.21] sowie die *Internetplattform Klimawandel und Klimaschutz im Agrarbereich*, die auch Informationen zu forstwirtschaftlichen Fragen umfasst [3.29]. Mit diesen Instrumenten werden Klimawirkungen wie eine veränderte Baumartenzusammensetzung, Schäden durch Schadorganismen, ein erhöhtes Waldbrandrisiko sowie Schäden durch Windwurf angesprochen.

Der „Waldklimafonds“ ermöglicht die Umsetzung von Maßnahmen, die das CO2-Minderungs-, Energie- und Substitutionspotenzial von Wald und Holz erschließen und optimieren sowie die Anpassung der deutschen Wälder an den Klimawandel unterstützen. Aus den Mitteln des Fonds können zum Beispiel die Wiederherstellung, Re-Dynamisierung und Neuanlage von natürlichen oder naturverträglich genutzten Au- und Feuchtwäldern gefördert werden [3.3]. Neben privaten Waldbesitzern kommt auch dem Staat als Besitzer eigener Waldflächen eine wichtige Rolle bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen zu. Dieser Aspekt wird mit der Maßnahme *Schaffung klimaplastischer Wälder im Bundesforst* [3.3] berücksichtigt.

Weiter ist für das Handlungsfeld Wald- und Forstwirtschaft die Länderebene von großer Bedeutung, da Waldbaurichtlinien und Waldumbauprogramme hier verankert sind und auch die Schadensprävention und die Früherkennung von Waldbränden in den Ländern unterschiedlich gehandhabt werden. Auch die Planung auf regionaler und Landesebene kann einen Beitrag leisten, um Klimawandelaspekte der Wald- und Forstwirt-

[67] „Principles and recommendations for integrating climate change adaptation considerations under the 2014-2020 rural development programmes”, SWD (2013) 139.

schaft besser zu berücksichtigen. So wurde im KlimaMORO-Vorhaben KLIMAfit die Ausweisung von „Vorranggebieten zur Waldmehrung“ erprobt.

F 2.6 Aktivitäten im Cluster Gesundheit

Handlungsfeld Gesundheit

Das frühzeitige Erkennen von möglichen Gesundheitsgefahren ist in dem Handlungsfeld Gesundheit von großer Bedeutung – darum liegt ein Schwerpunkt der Aktivitäten auf Monitoringmaßnahmen, die von Forschungsvorhaben flankiert werden. Dies gilt für Aktivitäten, die sich darauf richten, die Ausbreitung von Krankheitsüberträgern zu untersuchen und hier Zusammenhänge zu relevanten Klimasignalen herzustellen. Die Maßnahmen decken verschiedene Überträger (Vektoren), wie u. a. Stechmücken, gesundheitsgefährdende Nagetiere und Zecken, ab [4.10; 4.7; 4.9]. Monitoring richtet sich auch auf *vektorübertragene Infektionskrankheiten* [4.5]. Weitere Aktivitäten beziehen sich auf den *Eichenprozessionsspinner* [4.8]. Auch das *Sensibilisierungsmonitoring* gegenüber Allergenen (z. B. Pollen oder Schimmelpilze) [4.4] fallen in diesen Schwerpunkt. Darüber hinaus prüft der Bund Aktivitäten zum *Ausbau und der Verstetigung des Gesundheits- und Umweltmonitorings sowie zur Schaffung eines integrierten Gesundheits- und Umweltmonitorings* [4.3].

Daneben spielt auch die Risikokommunikation und Prävention eine wichtige Rolle. Um gesundheitliche Folgen des Klimawandels, damit zusammenhängendes Risikoverhalten und individuelle präventive Handlungsmöglichkeiten effizient zu kommunizieren, sind unterschiedliche Aktionen erforderlich. Dies erfordert *zielgruppenspezifische Information*, die sich z. B. an besonders *vulnerable Gruppen wie Senioren* richtet [4.12], aber auch Information für die Allgemeinbevölkerung (z. B. *Warnsystem für Schildzecken und durch diese übertragbare Krankheiten* [4.11]). Zudem sollten die bestehenden Frühwarnsysteme zu den gesundheitlichen Folgen des Klimawandels miteinander verknüpft und schrittweise optimiert werden.

Um der Klimawirkung Hitze besonders effektiv begegnen zu können, eignen sich z. B. sog. Hitzeaktionspläne wie sie von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) Europa empfohlen werden. Sie regeln die Zusammenarbeit der verschiedenen Ebenen bei Hitzeextremen, um hitzebedingte negative Gesundheitsfolgen zu vermeiden. Darum soll die *Erarbeitung von Hitzeaktionsplänen* geprüft werden [4.13].

In dem Bereich Aus-, Fort- und Weiterbildung sind *Multiplikatorenschulungen über präventive und gesundheitsfördernde Maßnahmen im Bereich der gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels* zu prüfen [4.1]. Als bereits existierendes Finanzierungsinstrument soll das *Bund-Länder-Programm Soziale Stadt* darauf geprüft werden, ob sich der Gesundheitsschutz gegen klimawandelbedingte Überhitzung darin integrieren lässt [4.2].

Mit der bundesweiten Erhebung von Anpassungsaktivitäten im Jahr 2014 wurden eine Baseline-Studie und eine zentrale Informationsplattform im Bereich „Klimawandel und Gesundheit“ geschaffen[68]. Bei der durch BMG und das UBA finanzierten Erhebung handelt es sich um die erstmalige Zusammenstellung von Anpassungsaktivitäten des Bundes und der Länder im Bereich Klimawandel und Gesundheit. Die Informationsplattform ermöglicht es allen Akteuren, sich auf den verschiedenen Ebenen untereinander besser zu vernetzen, voneinander zu lernen und idealerweise Kosten einzusparen.

Seit 2012 besteht – derzeit unter gemeinsamen Vorsitz von BMUB und BMG – die Ad Hoc Arbeitsgruppe "Gesundheitliche Folgen des Klimawandels". Sie bündelt die Zusammenarbeit und den Informationsaustausch von Bundes- und Landesbehörden auf dem Gebiet der gesundheitlichen Anpassung an die Folgen des Klimawandels.

F 2.7 Aktivitäten im Cluster Wirtschaft

Handlungsfeld Industrie und Gewerbe

Viele der bereits im Handlungsfeld Verkehr beschriebenen Aktivitäten sind gleichzeitig geeignet, Beeinträchtigungen von Produktionsprozessen und Logistik entgegenzuwirken. Sie beziehen den Warenverkehr auf Schiene und Straße ebenso wie Schiffstransporte mit ein.

Besonders auf Schäden an gewerblicher und industrieller Infrastruktur bezieht sich die Aktivität zur Erarbeitung einer *Technischen Regel Anlagensicherheit (TRAS)* für die Gefahrenquellen Wind und Schnee [5.2].

[68] www.apug.de/umwelteinfluesse/klimawandel/anpassungsstrategien_bundeslaender_bund.htm.

Dabei sollen Wahrscheinlichkeiten und Intensitäten von extremen Windereignissen, wie Gewitterböen und Tornados, auf die der Klimawandel einen Einfluss haben könnte, berücksichtigt werden. Auch die Prüfung der *Überarbeitung von Klimadatennormen* [2.35] und *technischen Regelwerken und Normen im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels* [7.1] könnte Relevanz für diese und weitere Klimawirkungen auf Industrie und Gewerbe haben.

Auf europäischer Ebene hat die EU-Kommission 2015 mit den Arbeiten zur *Novelle der EMAS-Verordnung zum Öko-Audit* begonnen. In diesem Rahmen soll geprüft werden, ob zusätzlich zu den bestehenden Kernindikatoren zur Messung der Umweltleistung von Unternehmen weitere Indikatoren eingeführt werden, die das Management von Klimafolgen betreffen. Eine vom UBA in Auftrag gegebene Studie (Juli 2013) soll als Grundlage für diese Überlegungen herangezogen werden [5.1].

Handlungsfeld Finanzwirtschaft

Die Aktivitäten des APA II im Handlungsfeld Finanzwirtschaft beziehen sich im Wesentlichen auf eine Sensibilisierung der Akteure, einen Austausch von Erfahrungen sowie eine Verbesserung der Datenbasis. Das im Rahmen der Hightech-Strategie des Bundes eingerichtete *Finanz-Forum: Klimawandel* plant ein Forschungsvorhaben zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Finanzprodukten und will den Dialog zwischen Finanzwirtschaft und Nachhaltigkeitsforschung intensivieren, um klimabezogenes Wissen verstärkt in Finanzdienstleistungen zu integrieren [5.4].

Des Weiteren wird aufgrund internationaler Vorgaben die *Einbeziehung von Klima- und extremwetterrelevanten Grundlagendaten und Faktoren in die Risikobetrachtung in Finanzdienstleistungsunternehmen* verpflichtend. Diese basiert auf einer standardisierten Verwendung von Szenario-Modellen, die im Wesentlichen auf Daten der Versicherungswirtschaft aufbauen [5.6].

Unabhängig von der eigenen Betroffenheit der Branche durch den Klimawandel ist die Versicherungswirtschaft ein wichtiger Akteur für die Anpassung an den Klimawandel in anderen Handlungsfeldern wie beispielsweise bei der Entwicklung von klimaangepassten Gebäuden. Im Zentrum steht hier die Frage, wie ein verbesserter Versicherungsschutz gegenüber Elementarschäden im Sinne einer Erhöhung der Anzahl abgeschlossener Versicherungsverträge zu erreichen ist. Hier soll zur *Risikovorsorge* geprüft werden, welche Möglichkeiten eine breitere Kampagne zur Prävention gegen Elementarschäden für Nutzergruppen wie mittelständische Unternehmen, Industrie, Landwirtschaft und Immobilienwirtschaft bietet [5.5].

In vielen Fällen können Daten der Versicherungswirtschaft einen wertvollen Beitrag zur Entwicklung von Anpassungsinstrumenten an den Klimawandel leisten. So wurde vom Hochwasser Kompetenz Centrum Köln in Zusammenarbeit mit dem Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) ein Hochwasserpass entwickelt, der das Überschwemmungsrisiko für Gebäude ausweist und eine Grundlage für Maßnahmen der Bauvorsorge sowie die versicherungstechnische Einstufung bildet. Damit soll in Zukunft für den Bereich Hochwasserschutz ein Instrument bereitstehen, das eine Informationsgrundlage für die Kopplung von Versicherung an Eigenvorsorge bietet.

Handlungsfeld Tourismus

Im Handlungsfeld Tourismus wird die eigene Verletzlichkeit von kommunalen Akteuren meist als gering eingeschätzt. Es werden vor allem neue Chancen gesehen, zum Beispiel durch die Verlängerung der touristischen Saison und bessere Wetterbedingungen für Aktivitäten im Freien (Fahrrad- und Badetourismus, Outdoor-Gastronomie) sowie eine erhöhte Nutzung von Naherholungsgebieten durch Personen, die unter der Belastung der Städte durch den Klimawandel leiden. Dem steht allerdings regional eine hohe Verletzlichkeit gegenüber, wie insbesondere in Wintersportgebieten. Für lokale Veranstalter und Beherbergungsbetriebe, die mit ihren touristischen Angeboten und Leistungen an eine bestimmte Region gebunden sind, könnte die Anpassung an den Klimawandel je nach regionaler Betroffenheit schwieriger sein. Anpassungsaktivitäten im Tourismus sollten dementsprechend besonders diese Akteure bei einer Anpassung ihrer Angebote unterstützen, beispielsweise durch Information, Vernetzung und übergeordnete Strategien zur touristischen Entwicklung von Regionen.

Unter Maßnahmen der angewandten Forschung wie klimazwei und KLIMZUG sammelten bereits verschiedene Regionen Erfahrungen mit der kooperativen Entwicklung von Tourismusstrategien im Klimawandel. Eines dieser regionalen Kooperationsprojekte, das Klimabündnis Kieler Bucht, strebt gegenwärtig mit einer bewilligten Anschlussförderung durch das BMUB eine Weiterentwicklung zu einer Klimawandelanpassungs-Modellregion in Norddeutschland an.

F 2.8 Aktivitäten Internationale Verantwortung

Das Jahr 2015 steht im Fokus der Abstimmung für ein neues Klimaabkommen, welches Ende 2015 auf der 21. Vertragsstaatenkonferenz in Paris (COP 21) verabschiedet werden soll. Ein wichtiges Thema wird hierbei der Aufwuchs der internationalen Klimafinanzierung sein. 2009 hatten die Industrieländer zugesagt, bis 2020 100 Milliarden US-Dollar aus einer Vielzahl von Quellen, öffentlich wie privat, für wirksame Klimaschutzmaßnahmen für Entwicklungsländer zu mobilisieren. Es besteht innerhalb der Bundesregierung Einvernehmen, dass die im Finanzplanungszeitraum veranschlagten Mittel ausreichen, um die Klimaschutzzusagen der Bundesregierung zu erfüllen. Wesentliche Anteile multilateraler Anpassungsfinanzierung sollen dabei über den Green Climate Fund (GCF) geleitet werden. In diesem Zusammenhang hat das Direktorium des GCF beschlossen, 50 % seiner Mittel für die Anpassung an den Klimawandel bereitzustellen. 50 % davon sollen wiederum in besonders vulnerable Länder (kleine Inselstaaten, am wenigsten entwickelte Länder, Afrika) investiert werden. Bundeskanzlerin Dr. Merkel hat angekündigt, dass Deutschland anstrebt, seine internationale Klimafinanzierung bis 2020 bezogen auf 2014 zu verdoppeln.

Die deutschen internationalen Leistungen für Klimaanpassung in Entwicklungsländer sind auch in den letzten Jahren bereits kontinuierlich angestiegen von 335 Millionen Euro (2010), 586 Millionen Euro (2011), 614 Millionen Euro (2012) auf 883 Millionen Euro (2013) und 1.124 Millionen Euro (2014). Deutschland arbeitet mit anderen Ländern zusammen, um Wege zur Erreichung des 2009 vereinbarten Klimafinanzierungsziels auszuloten.

Die Anpassung an den Klimawandel ist eng mit nachhaltiger Entwicklung verknüpft. Es gilt zunächst, Auswirkungen des Klimawandels und Vulnerabilitäten zu analysieren und in die nationale Entwicklungsplanung zu integrieren. Auf dieser Basis identifizierte und mandatierte Anpassungsmaßnahmen müssen dann umgesetzt werden mit begleitendem Monitoring und folgender Evaluierung. Bislang hat Deutschland den Großteil seiner Unterstützung in den Sektoren Wasser, Landwirtschaft und Gesundheit oder in Bereichen wie dem Management natürlicher Ressourcen (einschließlich Wäldern), klimaresilienter wirtschaftlicher Entwicklung, Katastrophenvorsorge, Klimaversicherungen sowie ökosystembasierter Anpassung geleistet. Die Bundesregierung wird auch weiterhin ein differenziertes Portfolio an Aktivitäten in der Zusammenarbeit mit ihren Partnerländern gestalten, das auf die Bedarfe und Kapazitäten der jeweiligen Staaten zugeschnitten ist. Dazu gehört die Unterstützung der Partnerländer bei der Entwicklung Nationaler Anpassungspläne (NAPs), die als Grundlage zum Erreichen mittel- und langfristiger Anpassungsziele dienen. In diesem Zusammenhang kündigte das BMZ auf der Klimakonferenz in Lima im Dezember 2014 an, die Unterstützung von NAP-Prozessen auf bis zu 20 Länder auszuweiten und die Kooperation zwischen Partnerländern und bilateralen Gebern durch die Gründung des NAP Global Network zu fördern. Der Bedarf für Anpassungsmaßnahmen ist hoch und wird weiter wachsen.

Ausgewählte Projekte des BMZ zur Stärkung von Anpassung in Partnerländern

Das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) nimmt eine zentrale Rolle bei der Umsetzung von Maßnahmen zur internationalen Verantwortung im Bereich Klimaanpassung ein. Derzeit wird vom BMZ weltweit eine Vielzahl von Projekten in Afrika, Mittel- und Südamerika, Asien sowie im Pazifik zu Klimaanpassung gefördert.

Ausgewählte Beispiele sind:

- **Versicherungen gegen die Folgen des Klimawandels (InsuResilience Initiative):** Viele Menschen in Entwicklungsländern können sich gegen Klimarisiken wie Stürme oder Überflutungen, die ihre Existenz bedrohen, nicht versichern. Die InsuResilience Initiative zielt darauf ab, die Anzahl von Menschen mit Klimarisikoversicherungen in besonders vom Klimawandel betroffenen Ländern deutlich zu erhöhen – um bis zu 400 Millionen Menschen bis 2020. Das BMZ stellt hierfür etwa 150 Millionen EUR bereit. InsuResilience wurde unter deutscher G7-Präsidentschaft angestoßen.
- **Nationale Anpassungsplanung:** Um die Risiken des Klimawandels in der Entwicklungsplanung und Budgetierung zu berücksichtigen wurde von der internationalen Klimapolitik der Prozess der nationalen Anpassungsplanung (NAP) vorgeschlagen. Das BMZ fördert die konzeptionelle Gestaltung des NAP Prozesses durch die Entwicklung von Wissensprodukten und Trainings und unterstützt Partnerländer in der Umsetzung des NAP Prozesses, unter anderem in Togo, Mauretanien und Albanien. Gemeinsam mit weiteren Gebern hat Deutschland ein globales Netzwerk, das NAP Global Network, gegründet zur Koordinierung der NAP Aktivitäten bilateraler Geber sowie zum internationalen Erfahrungsaustausch.

- **Bewässerung für Ernährungssicherheit in Bolivien (Projekt PROAGRO):** Die Bevölkerung in den trockenen Gebieten im Hochland Boliviens lebt größtenteils von der Landwirtschaft. Durch den Klimawandel ist damit zu rechnen, dass Wasser dort noch knapper wird und sich die Anbauzeit verkürzt. Das BMZ unterstützt die bolivianische Regierung dabei, die Landwirtschaft in diesen Regionen an den Klimawandel anzupassen und damit die Lebensgrundlage der Menschen zu erhalten. Unter anderem werden wassersparende Bewässerungsanlagen und Regenwasserspeicher gebaut, um die Ernteerträge trotz veränderten klimatischen Bedingungen zu sichern. Es wurden bereits 13.000 Hektar neue Bewässerungsfläche für über 10.000 landwirtschaftliche Produzenten erschlossen.

Deutschlands Beiträge zum Globalen Rahmenwerk für Klimadienste (GFCS)

Wie in Deutschland hängt die Anpassung an den Klimawandel auch in anderen Staaten von der verlässlichen und auf lange Sicht angelegten Verfügbarkeit nutzerorientierter und hochwertiger Klimainformationen aus Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft ab. Um diese bereitstellen und nutzbar machen zu können, wurde auf der dritten Weltklimakonferenz (WCC-3) der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) ein Globales Rahmenwerk für Klimadienste (Global Framework for Climate Services, GFCS) eingerichtet. Das GFCS wird in seiner Umsetzung auch von Deutschland unterstützt. Eine wichtige Säule des GFCS sind dabei die Klimabeobachtungen, die im Rahmen des Globalen Klimabeobachtungssystems GCOS (Global Climate Observing System) erhoben werden. Deutschland leistet hierzu wichtige Beiträge durch eigene Klimabeobachtungen, den Betrieb mehrerer bedeutender internationaler Datenzentren und die Bereitstellung von Ressourcen für das ebenfalls bei der WMO angesiedelte, und von einer deutschen Direktorin geleitete, internationale GCOS Sekretariat. Neben der Umsetzung des GFCS auf nationaler Ebene, die durch die Einrichtung des Deutschen Klimadienstes (DKD) für Deutschland erfolgt, spielen GFCS-Infrastrukturen auf regionaler Ebene, die ganze Kontinente umfassen können, eine wichtige Rolle. Derzeit sind dies vor allem regionale Klimazentren (Regional Climate Centres, RCCs), zu denen Deutschland ebenfalls einen wichtigen Beitrag leistet.

Diese Regional Climate Centres sind Excellenzzentren, die die Mitgliedsstaaten der Regionalverbände der WMO über die dortigen nationalen meteorologischen und hydrologischen Dienste mit Klimadaten sowie Klimaüberwachungs- und -vorhersage Produkten versorgen, die in den jeweiligen Staaten zur Erzeugung entsprechender nationaler Klimadienstleistungen genutzt werden können. Der DWD hat dabei für das Regional Climate Centre des WMO Regionalverbandes VI (Europa und Naher Osten) sowohl die Gesamtkoordination dieses RCCs als auch die operationelle Bereitstellung von Klimaüberwachungsprodukten übernommen und unterstützt auch den Aufbau entsprechender RCC-Strukturen in anderen WMO-Regionen.

Regional Science Service Centres for Climate Change and Adapted Land-use in Africa:

Ziel dieser BMBF-Aktivität ist es, südliche und westafrikanische Schwellen- und Entwicklungsländer gezielt dabei zu unterstützen, eigene Kompetenzen und Kapazitäten in anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung zur Anpassung an den Klimawandel sowie zur Entwicklung und Umsetzung eines angepassten Landmanagements aufzubauen. In enger Zusammenarbeit mit nationalen Institutionen und Universitäten wird dazu Forschung in den Zentren betrieben und die wissenschaftliche Ausbildung an Universitäten vor Ort gefördert. Zudem sollen die Zentren in ihrer Region auch eine wichtige beratende Funktion für öffentliche und private Entscheidungsträger übernehmen. Dazu sind zwei Zentren im Süden und Westen Afrikas im Aufbau bzw. bereits tätig.

Mit dem Ziel, eine schnell umsetzbare transsektorale Planungsmethode zu entwickeln, führt BMBF von 2014-2019 ein Projekt durch, das den Fokus auf städtische Dienstleistungen und Infrastrukturen, insbesondere in den Sektoren Energie, Wasser, Abwasser, Abfall und urbane Landwirtschaft legt: „Rapid Planning: Nachhaltiges Infrastruktur-, Umwelt- und Ressourcenmanagement für hochdynamische Metropolregionen“. Die Forschungsarbeit wird auf den praktischen Erfahrungen in den Projektstädten Kigali (Ruanda), Da Nang (Vietnam) und Assiut (Ägypten) basieren und direkt angewendet. „Rapid Planning“ ist ein aktions- und nutzerorientiertes Forschungsprojekt. Im Fokus stehen die Verbesserung der Lebensqualität der Stadtbewohner, die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit hochdynamischer Städte bei gleichzeitigem Schutz von Umwelt und Klima sowie der Schonung von Ressourcen.

BMBF-Projekte zum Nachhaltigen Landmanagement:

- Verbundvorhaben CarBioCial - Kohlenstoff-Sequestrierung, Biodiversität und soziale Strukturen in Süd-Amazonien: Durch den Klimawandel sind im Amazonas eine zunehmende Variabilität der Niederschläge sowie eine Häufung von Extremereignissen zu erwarten. Gleichzeitig wirkt sich die Intensivierung der Landwirtschaft durch den Verlust von Biodiversität auf viele Ökosystemleistungen negativ aus. CarBioCial wird im südlichen Amazonas entlang eines Landnutzungsgradienten (aktuelle Entwaldung, Junger Soja Anbau, langjährige Kultivierung) ein Entscheidungsunterstützungssystem für eine nachhaltige Klimaanpassung entwickeln. Damit soll auch Ökosystemservicestabilität im Hinblick auf Kohlenstoff-Sequestrierung und Treibhausgas-Reduzierung für Südamazonien ermöglicht werden.
- Verbundprojekt SuMaRiO - Nachhaltiges Management von Flussoasen entlang des Tarim Flusses in China: Das Tarim Becken ist mit einer Größe von rund einer Million Quadratkilometern eine Region mit extremer klimatischer Ausprägung. Der das Becken am Nordrand der Taklamakan-Wüste durchfließende Tarim bezieht sein Wasser hauptsächlich aus dem Schmelzwasser von Schnee und Gletschern sowie den Niederschlägen der umliegenden Gebirge. Übergeordnetes Projektziel ist die Unterstützung des Oasen-Managements am Tarim vor dem Hintergrund des Klimawandels und der sozioökonomischen Veränderungen. Als Hauptergebnis wird ein Entscheidungsunterstützungssystem erarbeitet, welches die regionalen Planungsbehörden darin unterstützen soll, eine Nachhaltigkeitsanalyse durchzuführen.
- Verbundvorhaben SASCHA - Nachhaltiges Landmanagement und Anpassungsstrategien an den Klimawandel im Westsibirischen Getreidegürtel: Der Übergangsbereich zwischen der Steppenzone und der nördlichen Waldzone in Westsibirien ist von globaler Bedeutung für Kohlenstoffspeicherung, Nahrungsmittelproduktion und Biodiversität. Dieser Raum wird zukünftig vom Klimawandel und von Veränderungen in der Landnutzung in besonderem Maße betroffen sein. Im Rahmen des Vorhabens soll der Einfluss verschiedener Landnutzungsformen und -intensitäten auf Ökosystemgüter und -dienstleistungen in der Region Tyumen analysiert und bewertet werden. Anhand der gewonnenen Informationen werden auf regionaler Ebene (Oblast Tyumen) praktikable Instrumente entwickelt, um negative sozioökonomische Folgen des Klimawandels abzumildern oder sogar zu kompensieren.

Klima-Technologietransfer

Die Vertragsparteien der UN-Klimarahmenkonvention haben 2010 in Cancún die Einrichtung des sog. Technologiemechanismus zur Stärkung der Zusammenarbeit im Bereich klimarelevanter Technologien (Minderung und Anpassung an den Klimawandel) beschlossen. Er besteht aus einem politischen Teil, dem Technology Executive Committee (TEC), und einem Implementierungsteil, dem Climate Technology Centre and Network (CTCN).

Das CTCN als Basis für eine intensivierte praktische Zusammenarbeit in klimarelevanten Technologien wird vom United Nations Environment Programme (UNEP) getragen und hat seinen Sitz in Kopenhagen. Auf nationaler Ebene wird die Arbeit des CTCN durch nationale Kontaktstellen (National Designated Entity, NDE) unterstützt. Diese dienen als Anlaufstellen für Anfragen nach Technologieangeboten und -kooperationen. Die Aufgaben der deutschen NDE werden vom BMWi wahrgenommen. Dazu hat das BMWi im Rahmen einer Studie Angebote und Bedarfe von Technologien und Dienstleistungen für Klimaschutz und -anpassung analysiert, eine Strukturierung von Technologien und Bedarfsfeldern insbesondere zur Anpassung an den Klimawandel entwickelt und einen Überblick über das deutsche Angebot sowie über Instrumente, Akteure und Institutionen des Technologietransfers erstellt. Die deutsche Kontaktstelle soll künftig das deutsche Kooperationsangebot darstellen und Technologieworkshops in Entwicklungs- und Schwellenländern durchführen, um damit einen vereinfachten Zugang zu Anpassungstechnologien und Kooperationspartnern aus Deutschland zu ermöglichen.

G Der Blick nach vorn

Die Bundesregierung wird den weiteren Strategieentwicklungsprozess entlang der im APA II beschlossenen Maßnahmen konsequent fortführen und die eigenen Anstrengungen verstärken, um die Rahmenbedingungen zu schaffen und die Anpassungskapazitäten auf allen Ebenen zu stärken, die für eine erfolgreiche Anpassung an die Folgen des Klimawandels erforderlich sind. Hierzu wird die Bundesregierung:

- zukünftig verstärkt handlungsrelevantes Wissen dauerhaft für politische Entscheidungsträger und relevante Akteure bereitstellen und mit Blick auf die Verstetigung des DAS-Prozesses und der Erreichung strategischer Ziele bei der Anpassung an den Klimawandel ein Gesamtangebot des Bundes für Klimadienste und Dienste zur Unterstützung der Klimaanpassung einrichten;
- weiterhin sektorale wie ressortübergreifende Politiken und Maßnahmen entwickeln und umsetzen, die das Erreichen der Ziele der DAS unterstützen;
- weiterhin das Anpassungshandeln von kommunalen und anderer Akteure fördern;
- ihr internationales Engagement erhöhen und vulnerable Entwicklungsländer in ihren Anpassungsbemühungen unterstützen;

Die IMA

- wird die mit dem Klimawandel verbundenen Gefahren in regelmäßigen Abständen transparent machen. Basierend auf der in der letzten Legislaturperiode erarbeiteten und abgestimmten Methodik wird die IMA hierzu künftig alle vier Jahre – beginnend 2019 – ein Monitoringbericht sowie alle sechs Jahre – beginnend 2021 – ein Vulnerabilitätsbericht erarbeiten und veröffentlichen;
- die Aktivitäten des Bundes im Rahmen des DAS-Prozesses und den Umsetzungsstand des APA II regelmäßig evaluieren, um den Fortschritt zur Anpassung an den Klimawandel in Deutschland einzuschätzen und gegebenenfalls nach zu justieren. Hierzu wird sie eine abgestimmte Methodik entwickeln und bis 2019 auf dieser Basis eine erste Evaluierung vornehmen;
- basierend auf den oben genannten, Aktivitäten Handlungserfordernisse ableiten, diese priorisieren, und auf dieser Grundlage den Aktionsplan zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels regelmäßig fortschreiben (ca. alle 4 Jahre)und 2020 dem Bundeskabinett einen zweiten Fortschrittsbericht zur DAS vorlegen.

Anhänge zum Fortschrittsbericht

Anhang 1: Neue Ergebnisse aus der Klimaforschung (Langfassung von Kap. D 1)

Anhang 2: Vulnerabilitätsanalyse

Anhang 3: Aktionsplan Anpassung (APA II)

Anhang 1

Neue Ergebnisse aus der Klimaforschung: Klimaänderungen und Extremereignisse

Langfassung Kapitel D 1

Stand: 09.11.2015

Für Deutschland sind seit dem Jahr 1881 ausreichend Daten vorhanden, um Veränderungen des Klimas auch in der Fläche detailliert zu bestimmen. Damit lassen sich die mittleren Verhältnisse der beiden wichtigsten meteorologischen Größen bis zum Ende des 19. Jahrhunderts und damit im Wesentlichen auch bis zum Beginn der menschlichen Einflussnahme auf das Klima zurückverfolgen[69]. Über solch langfristige Auswertungen hinaus ist es gemäß den Empfehlungen der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) üblich, zur Erfassung des Klimas und seiner Änderungen Mittelwerte über einen Zeitraum von 30 Jahren zu bilden. Dadurch lässt sich der Einfluss kurzzeitiger Witterungsschwankungen aus der statistischen Betrachtung des Klimas einerseits ausklammern, andererseits das natürliche Auf und Ab des Klimas aber trotzdem nachverfolgen. Als Klimareferenzperiode schlägt die WMO dabei den Zeitraum von 1961–1990 vor.

Während sich die Wirkung der zusätzlichen Treibhausgase in der Temperaturentwicklung der vergangenen 133 Jahre dabei unmittelbar niederschlägt, ist der Zusammenhang mit den Änderungen der Niederschlagsverhältnisse eher indirekter Natur. Hier spielen u.a. durch die allgemeine Erwärmung ausgelöste Veränderungen der großräumigen Wetterlagen eine Rolle. Dennoch ist der Niederschlag als ein wesentlicher Faktor für die Wasserverfügbarkeit von praktisch ebenso großem Interesse wie die Temperatur selbst. Für die Untersuchung von Extremereignissen werden tägliche Messwerte benötigt, die erst seit 1951 zur Verfügung stehen. Da solche Ereignisse aufgrund ihres hohen Schadenspotentials die größte Gefahr für unsere Gesellschaft bergen, erfolgte die Analyse der bisherigen Änderungen dieser Ereignisse trotz der beschränkten Datenverfügbarkeit.

Projektionen mittlerer Klimaänderungen in Deutschland für die Zukunft

Um Aussagen über die zukünftige Entwicklung unseres Klimas treffen zu können, werden Klimamodelle benötigt, die möglichst alle relevanten Prozesse des Klimasystems berücksichtigen. Für Klimaanalysen auf einer regionalen Skala reichen die Ergebnisse Globaler Klimamodelle (GCM) aufgrund ihrer geringen räumlichen Auflösung (ca. 150 km × 150 km) in aller Regel nicht aus. Um Aussagen für regionale Fragestellungen zu erhalten, wurden zusätzlich regionale Klimamodelle (RCM) mit einer räumlichen Auflösung von ca. 25 km x 25 km entwickelt und mit den globalen Modellen verknüpft.

Die im Folgenden erläuterten Ergebnisse beruhen auf Analysen aus dem KLIWAS-Ensemble, das für das Ressortforschungsprogramm „Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt - Entwicklung von Anpassungsoptionen“ (KLIWAS) des BMVBS, 2009-2013 entwickelt wurde. Methodische Hinweise werden in der Fußnote70 gegeben, genauere Informationen finden sich unter http://www.kliwas.de. Die

---

[69] Für die Auswertung wurden die für die Größen Temperatur und Niederschlag seit 1881 vorliegenden Monatsdaten zu jährlichen und jahreszeitlichen Mittelwerten zusammengefasst. Die an meteorologischen Stationen punktuell erhobenen Daten wurden darüber hinaus mittels wissenschaftlicher Verfahren auf die gesamte Fläche von Deutschland übertragen.

[70] Die Interpretation der Ergebnisse von Klimaprojektionen sollte sich aufgrund Modellunsicherheiten auf mehrere Modellläufe abstützen. Daher werden möglichst viele Klimaprojektionen gesammelt und kollektiv ausgewertet. Diese Vorgehensweise wird als Ensembleansatz bezeichnet. Für das Ressortforschungsprogramm KLIWAS wurde ein Ensemble gebildet für das Klimaprojektionen auf der Grundlage des Emissionsszenarios A1B (in das Szenario fließen sozio-ökonomische Annahmen über die zukünftige Entwicklung mit raschem Wirtschaftswachstum und rascher Einführung neuer und effizienter Technologien einfließen) und zum anderen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts mit dynamischen RCM für das zentrale Mitteleuropa gerechnet wurden. Die für dieses Ensemble verwendeten Klimaprojektionen sind in der Tabelle Anhang 1-1 aufgeführt. Mit der Annahme, dass die Ensemblemitglieder statistisch unabhängig sind, wird für jede einzelne Projektion die gleiche Eintrittswahrscheinlichkeit angenommen. Bei einem ausreichend großen Ensemble ist es unter dieser Annahme möglich, Wahrscheinlichkeitsaussagen über zukünftige Klimazustände zu treffen. Durch die Bestimmung von Perzentilen werden Bandbreiten auf Grundlage des gewählten Ensembles berechnet, innerhalb derer ein bestimmtes Änderungssignal zu erwarten ist. Mit diesen Bandbreiten ist es dann möglich, Aussagen zu Änderungskorridoren abzuleiten. Es muss aber bedacht werden, dass auch mit einem ausgewählten Ensemble von Klimaprojektionen nie sämtliche Einflüsse und Unsicherheiten innerhalb des Klimasystems berücksichtigt werden können. So können sich z. B. Emissionsszenarien als Voraussetzungen der Modellkette oder physikalische Prozessbeschreibungen in den regionalen Klimamodellen, wie z. B. die Kopplung zwischen Meeresoberfläche und der Atmosphäre, als nicht ausreichend belastbar herausstellen bzw. sind noch Gegenstand wissenschaftlicher Forschung. Aus der Analyse von Klimaprojektionsensembles resultierende Bandbreiten klimatischer Änderungen müssen daher als Teilmenge der in der Realität möglichen Veränderungen interpretiert werden. Zur Ableitung interpretierbarer Spannbreiten werden das 15te und 85te Perzentil des Klimaprojektionsensembles flächenhaft bestimmt und in den Abbildungen dargestellt. Diese können grundsätzlich wie folgt interpretiert werden: 15. Perzentil (oder 15 %-Quantil): Mit einer 85 %igen Wahrscheinlichkeit werden die dargestellten Änderungssignale im Ensemble überschritten; d. h. 85 % der Projektionen prognostizieren höhere und 15 % die dargestellten oder niedrigere Änderungsraten. 85. Perzentil (oder 85 %-Quantil): Mit einer 85 %igen Wahrscheinlichkeit werden die dargestellten Änderungssignale im Ensemble nicht überschritten, d. h. 85 % des Ensembles projizieren die dargestellten oder niedrigere Änderungsraten und 15 % projizieren höhere Änderungsraten. Der Bereich zwischen den gewählten unteren und oberen Schranken umfasst somit eine Eintrittswahrscheinlichkeit von 70 % bzgl. des betrachteten Ensembles. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die hier benutzten Begriffe Wahrscheinlichkeit und Perzentil (oder Quantil) lediglich auf dem verwendeten Klimaprojektionsensemble basieren. Da ein Ensemble allerdings immer nur einen Aus-

Ergebnisse sind als vorläufig anzusehen und sie beschreiben die zu erwartenden Bandbreiten der Änderungssignale der dargestellten Klimagrößen nicht abschließend.

Um ein mögliches Klima der Zukunft zu berechnen, beginnen die Klimamodelle ihre Berechnungen in der Vergangenheit, in der auch gemessene Klimawerte vorliegen. Solche Zeiträume werden „Evaluationszeiträume“ genannt. Über einen Vergleich des vergangenen, „projizierten“ Klimas mit dem gemessenen Klima (den sog. „Referenzdaten“) besteht die Möglichkeit, die Güte der Klimamodelle abzuschätzen und ggf. Korrekturen an den Projektionen des berechneten Klimas für zukünftige Zeiträume durch zu führen. Zudem gestattet die Berechnung des Unterschieds zwischen dem projizierten zukünftigen Klima und dem „projizierten“ vergangenen Klima die Berechnung des sogenannten „modellspezifischen Klimaänderungssignals“ für ein betrachtetes Klimaelement, beispielsweise der modellspezifischen Änderung der mittleren Lufttemperatur71.

In den nachfolgenden Abbildungen werden für Deutschland und angrenzende Flusseinzugsgebiete, basierend auf einem 5 km x 5 km-Gitter, die Änderungen der 30-jährigen Mittelwerte der betrachteten Klimaelemente jeweils für den Zeitraum 2021-2050 („nahe Zukunft“) und für den Zeitraum 2071-2100 („ferne Zukunft“) in Bezug auf den Referenzzeitraum 1961-1990 dargestellt.

Das Jahresmittel der **Lufttemperatur** ist im Flächenmittel von Deutschland von 1881 bis 2013 statistisch gesichert um 1,2 °C angestiegen72 (Abb. Anhang 1-1). Auch im Vergleich Klimareferenzperiode (1961-1990) zu aktuellem Bezugszeitraum (1981-2010) ist der Mittelwert der Lufttemperatur in Deutschland von 8,2 °C auf 8,9 °C gestiegen. In Deutschland stellt sich der bislang beobachtete Temperaturanstieg überwiegend einheitlich dar. Prinzipiell gilt dies auch für die unterschiedlichen meteorologischen Jahreszeiten. Nur im Winter (Dezember bis Februar) weicht der Wert mit einem Flächenmittel von 1,0 °C etwas deutlicher vom Jahresmittel ab. Die stärkste Erwärmung mit 1,3 °C wurde bisher für das Frühjahr (März bis Mai) registriert. Im Sommer (Juni bis August) und Herbst (September bis November) waren es ebenso wie im Kalenderjahr 1,2 °C. Ähnliches gilt für die räumlichen Unterschiede. Hier reicht die Spanne im Falle der Jahresmitteltemperatur von 1,0 °C bis 1,4 °C, wobei die Erwärmung in den westlichen und südlichen Bundesländern tendenziell bislang etwas höher und in den nördlichen Bundesländern sowie in Brandenburg und Berlin etwas geringer ausgefallen ist als im Landesdurchschnitt. Größere Abweichungen von dieser generellen räumlichen Verteilung finden sich ausschließlich für die Wintermonate. Während dieser Jahreszeit stiegen die Temperaturen in den nordöstlichen Bundesländern mit Werten von 0,7 °C bis 0,9 °C bislang allgemein am geringsten an, während es in den anderen Gebieten zumeist etwas über 1,0 °C wärmer geworden ist.

In der nahen Zukunft (2021-2050) ist für das Jahresmittel der Lufttemperatur in Deutschland und den angrenzenden Flusseinzugsgebieten eine Zunahme von mindestens 0,5 °C wahrscheinlich (Abb. Anhang 1-2). Dabei ist eine Temperaturzunahme um mehr als 2 °C für Norddeutschland bzw. 2,5 °C für Süddeutschland jedoch eher unwahrscheinlich. Für den Zeitraum 2071 bis 2100 (Abb. Anhang 1-3) kann eine Erhöhung der mittleren Lufttemperatur von mindestens 1,5 °C und maximal 3,5 °C in Norddeutschland bzw. 4 °C in Süddeutschland als wahrscheinlich angesehen werden.

Im Gegensatz zur Temperatur weisen die beobachteten Änderungen des **Niederschlags** in Deutschland insbesondere jahreszeitlich, aber auch räumlich deutliche Unterschiede auf. Während die mittleren Regenmengen im Sommer weitestgehend unverändert geblieben sind, ist es insbesondere im Winter signifikant feuchter geworden. In den Übergangsjahreszeiten sind die Niederschlagsmengen ebenfalls angestiegen, jedoch deutlich weniger stark und statistisch auch nicht nachweisbar. In der Summe ergibt sich daher im Flächenmittel von Deutschland seit 1881 ein Anstieg der mittleren jährlichen Niederschlagsmenge von 10,6 %. Während es insbesondere in den nord-westlichen Bundesländern mit bis zu 16 % in Schleswig- Holstein deutlich nasser geworden ist, nahmen die Niederschlagsmengen von Mecklenburg-Vorpommern bis Sachsen-Anhalt und Thüringen im Jahresmittel nur leicht zu (unter 10 %). In Sachsen ist es im selben Zeitraum sogar geringfügig trockener geworden.

---

schnitt möglicher zukünftiger Klimaentwicklungen repräsentiert, handelt es sich bei den hier präsentierten Ergebnissen nicht um statistische Eintrittswahrscheinlichkeiten im engeren Sinn.

71 Dies ist möglich unter der Annahme eines zeitlich konstanten Bias (sogenanntes „Delta approach“-Verfahren). Zur Berechnung von projizierten, quasi-korrigierten absoluten Werten eines Klimaelements kann ein solches modellspezifisches Klimaänderungssignal dann auf eine entsprechende, messdatenbasierte Statistik für den Referenzzeitraum des gleichen Klimaelements addiert oder – im Falle relativer Änderungen, z. B. für das Klimaelement Niederschlag – als prozentualer Anteil aufaddiert werden.

72 Sämtliche Angaben zu Änderungen von Temperatur und Niederschlag sowie den auf diesen Größen basierenden Extremindizes wurden mittels linearem Trend berechnet und werden als statistisch gesichert bezeichnet, sofern sie mindestens das 99 %-Signifikanzniveau erreichen.

Mit den Ensembleauswertungen der Klimaprojektionen für die Niederschläge zeigt sich für die Zukunft eine Tendenz zur Niederschlagsabnahme in den Sommermonaten (Juni bis August), während in den Wintermonaten (Dezember bis Februar) eine Niederschlagszunahme wahrscheinlich ist (Abbn. Anhang 1-4 und Anhang 1-5 bzw. Abbn. Anhang 1-6 und Anhang 1-7). Für die mittleren Sommerniederschläge lassen die ausgewerteten Klimaprojektionen für die nahe Zukunft (2021 bis 2050, Abb. Anhang 1-4) in Westdeutschland mit etwa 10 % eine geringere und für die ferne Zukunft (2071 bis 2100) eine leichte bis mäßige Abnahme bis maximal 20 % erwarten (Abb. Anhang 1-5). Insbesondere für die nahe Zukunft könnten die mittleren Niederschlagsmengen während der Monate Juni, Juli und August in einigen Regionen im Osten Deutschlands aber auch nahezu unverändert bleiben (Abb. Anhang 1-4). Im Winter muss demgegenüber für die nahe Zukunft (Abb. Anhang 1-6) mit einer Zunahme von bis zu 10 % bzw. für die ferne Zukunft (Abb. Anhang 1-7) auch bis zu 15 % gerechnet werden.

Eine relativ einfache und sehr anschauliche Möglichkeit zur Analyse **meteorologischer Extreme** bieten die sogenannten klimatischen Kenntage. Es werden Tage ausgewertet, an denen z. B. die Höchsttemperatur einen bestimmten Grenzwert über- oder unterschreitet. Wie schon im Falle der jährlichen und jahreszeitlichen Mittelwerte wurden die für die Analyse der Extreme benötigten täglichen Messungen an Stationen mittels wissenschaftlicher Verfahren auf die gesamte Fläche von Deutschland übertragen.

Die Zeitreihen von Klimaprojektionsdaten liefern belastbare Ergebnisse insbesondere für die Mittelwerte der Klimaelemente. Die Analyse von Klimaprojektionsdaten mit Hilfe moderner statistischer Verfahren im Hinblick auf meteorologische Extreme ist daher weiterhin Gegenstand aktueller Forschung. Klimatische Kenntage stellen auch für die Auswertung von Klimaprojektionen hinsichtlich extremer Ereignisse einen gangbaren Lösungsweg dar.

Zur Analyse der **Temperaturextreme** wurde die Anzahl der Heißen Tage mit einer Höchsttemperatur über 30 °C und die Anzahl der Eistage mit einer Höchsttemperatur von unter 0 °C betrachtet.

Prinzipiell zeigt sich, dass die Anzahl der kalten Extreme infolge der allgemeinen Erwärmung abnimmt, während die Zahl der warmen Extreme bereits zugenommen hat, jedoch nicht in genau demselben Maße. Seit 1951 hat die Anzahl der Heißen Tage im Flächenmittel von Deutschland von im Mittel etwa drei Tagen pro Jahr auf derzeit im Mittel etwa acht Tage pro Jahre zugenommen (Abb. Anhang 1-8).

Dieser Anstieg ist trotz der großen Variabilität dieses Index von Jahr zu Jahr statistisch gesichert. Dem gegenüber ist die Abnahme der mittleren Anzahl der Eistage von rund 27 Tagen pro Jahr auf derzeit etwa 21 Tage pro Jahr deutlich weniger markant und statistisch auch nicht nachweisbar (Abb. Anhang 1-9).

Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist es wahrscheinlich, dass eine Zunahme um 5 bis 10 Heiße Tage in Norddeutschland bzw. 10 bis 15 Heiße Tage in Süddeutschland nicht überschritten wird (Abb. Anhang 1-10). Für das Ende des Jahrhunderts ist eine maximale Zunahme der Heißen Tage um 10 bis 15 Tage (Norddeutschland) bzw. 30 bis 40 Tage (Südwestdeutschland) zu erwarten (Abb. Anhang 1-11). Für die nahe Zukunft ist eine Abnahme der Eistage um 5 bis 10 Tage für ganz Deutschland sehr wahrscheinlich und eine Abnahme um mehr als 20 Tage eher unwahrscheinlich (Abb. Anhang 1-12).

Für die ferne Zukunft (Abb. Anhang 1-13) stellt eine Abnahme von 15 bis 20 Eistagen in Südwestdeutschland, von 5 bis 10 Eistagen entlang des Oberrheingrabens und sonst von 10 bis 15 Eistagen den „geringeren Wandel“ 73 dar. Für den Fall des „stärkeren Wandels“ sind in den Mittelgebirgen eine Abnahme von 25 bis 30 Eistagen, in Südwestdeutschland von 20 bis 25 und entlang des Oberrheingrabens und im westlichen Niedersachsen von 10 bis 15 Eistagen zu erwarten.

Zur Analyse der **Niederschlagsextreme** wurde auf zwei unterschiedliche Indizes für Sommer und Winter zurückgegriffen. Während für die Sommermonate die Anzahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von 20 mm und mehr ausgezählt wurde, wurde für den Winter ein auf- summierender Index verwendet. Zu dieser Jahreszeit prägen weniger die kurzen, aber extrem ergiebigen, sondern mehr die mäßigen, aber langanhaltenden Niederschlagsereignisse den Witterungsverlauf. Besonders wenn es über mehrere Tage wiederholt länger anhaltend regnet, können die meteorologischen Voraussetzungen für Winterhochwasser entstehen. Daher ist es sinnvoll, für den Zeitraum Dezember bis Februar die maximale 5-Tagessumme des Niederschlags zu betrachten. Allerdings hängt das Auftreten von Winterhochwassern von einer Reihe weiterer Bedingungen wie z. B. der Bodenfeuchte ab. Über mehrere Tage hinweg anhaltende Niederschläge allein führen daher nicht zwangsläufig auch zu einer Hochwassersituation.

---

[73] “geringer Wandel” wird hier i.S. der Sprachregelung des Anhangs 2, FB, für „15. Perzentil“ verwendet.

Die zeitliche Entwicklung der Flächenmittelwerte beider Extremindizes ähnelt grundsätzlich dem Verlauf der mittleren Niederschlagsmengen zur jeweiligen Jahreszeit. Im Winter haben daher nicht nur die mittleren Niederschlagsmengen um 28 % zugenommen, sondern auch das Flächenmittel der maximalen 5-Tagessumme ist von im Mittel rund 38 mm zu Beginn des Auswertungszeitraums um ca. 7 mm auf aktuell im Mittel etwa 45 mm angestiegen (Abb. Anhang 1-14). Infolge der großen Unterschiede dieses Index von Jahr zu Jahr ist dieser Anstieg derzeit aber statistisch nicht gesichert. Die Zahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von 20 mm und mehr im Sommer ist dagegen seit 1951 nahezu unverändert geblieben und verläuft somit ebenfalls parallel zu der Entwicklung der mittleren Niederschlagsmengen in den Monaten Juni bis August.

Die räumliche Entwicklung der mittleren maximalen 5-Tagessummen zeigt ebenfalls einige Auffälligkeiten (Abb. Anhang 1-15). In den nordöstlichen Landesteilen lagen die Werte in den ersten beiden Dekaden verbreitet unter 30 mm, teilweise auch unter 20 mm. Seitdem haben die über mehrere Tage fallenden Niederschlagsmengen im Winter in diesen Regionen jedoch zumindest leicht zugenommen, eine Phase wieder zurückgehender Niederschlagssummen ist dagegen nicht klar auszumachen. Hinsichtlich der Anzahl der Tage mit einer Niederschlagsmenge von mehr als 20 mm im Sommer sind hingegen – in guter Übereinstimmung mit der Entwicklung der mittleren Niederschlagsmengen zu dieser Jahreszeit – über eine auch nur regional und sehr schwach ausgeprägte dekadische Variabilität hinaus bislang keine Änderungen auszumachen (Abb. Anhang 1-16).

Die projizierte Änderung der maximalen 5-Tagessummen des Winterniederschlages (Dezember bis Februar) weist für die nahe Zukunft eine Spanne von Abnahmen um 25 bis 50 mm (geringerer Wandel) bis zu Zunahmen um 125 mm (stärkerer Wandel) auf (Abb. Anhang 1-17). Während die Abnahmen im Wesentlichen entlang des östlichen Schwarzwaldes, im südlichen Alpenvorland und stellenweise in Norddeutschland zu finden sind, treten die stärkeren Zunahmen der 5-Tagessummen von mehr als 50 mm im Wesentlichen in den Mittelgebirgen auf. Für die ferne Zukunft (Abb. Anhang 1-18) wird entweder keine wesentliche Zunahme oder eine Zunahme von 50 mm bis stellenweise 100 m in den Mittelgebirgen und im Bereich der Nordseeküste als „stärkerer Wandel“ projiziert.

Eine Zunahme der Anzahl von Tagen mit sommerlichem Starkniederschlag von mindestens 20 mm von mehr als 4 Tagen, über dem südlichen Schwarzwald von mehr als 6 Tagen, ist für die nahe Zukunft unwahrscheinlich (Abb. Anhang 1-19). Wesentliche Änderungen werden über dem Schwarzwald, dem Bayerischen Wald, in den Alpen sowie über dem südlichen Alpenvorland erwartet.

Für die ferne Zukunft (Abb. Anhang 1-20) wird zumindest über dem Schwarzwald eine Zunahme von mindestens 2 Tagen mit Starkniederschlag erwartet. Als stärkerer Wandel ist diese Änderungsklasse räumlich ausgedehnter, d. h. auch über dem Alpenvorland und stellenweise über den Mittelgebirgen zu finden.

Neben der Frage nach der Veränderung der Starkniederschläge ist insbesondere im Sommer auch von großer Wichtigkeit, inwieweit die Erwärmung mit einer zusätzlichen Austrocknung einhergeht. Dementsprechend soll abschließend noch die Veränderung der Häufigkeit von Trockenperioden betrachtet werden. Hierzu wird die Anzahl der Episoden mit mindestens zehn aufeinanderfolgenden Tagen ohne Niederschlag ausgewertet. Perioden mit mindestens 20 aufeinanderfolgenden Tagen ohne Niederschlag als „2 Episoden“ gezählt, Perioden von mindestens 30 solcher Tage als „3 Episoden“, usw.

Wie Abbildung Anhang 1-21 zeigt, ist die Anzahl solcher Trockenperioden im Flächenmittel von Deutschland seit 1951 um ca. 0,3 Ereignisse pro Jahr geringfügig angestiegen. Bereits aufgrund der Seltenheit solcher Ereignisse mit einem Mittelwert von nur 1,3 Fällen pro Jahr im klimatologischen Referenzzeitraum 1961-1990 sowie der extrem hohen Variabilität von Jahr zu Jahr ist aber auch diese Zunahme bislang statistisch keineswegs gesichert. Hinzu kommen ausgeprägte natürliche Schwankungen mit abwechselnden Phasen stärker und geringer ausgeprägter Trockenheit, die sich deutlich in der räumlichen Entwicklung der mittleren Anzahl dieser Trockenperioden abzeichnen (Abb. Anhang 1-22).

Eine Zunahme von Trockenperioden wird für die nahe Zukunft (Abb. Anhang 1-23) entweder nicht nennenswert („geringerer Wandel“) oder vereinzelt über den Mittelgebirgen mit nicht mehr als 2 Episoden („stärkerer Wandel“) erwartet.

Während für die ferne Zukunft (Abb. Anhang 1-24) als „geringerer Wandel“ nur Zunahmen von maximal zwei Episoden in Südwestdeutschland und Rheinland-Pfalz erwartet werden, ergibt sich für den „stärkeren Wandel“ mit Zunahmen von Trockenperioden über ganz Deutschland ein anderes Bild: Zunahmen um bis zu 5 Episoden werden in Süddeutschland und in Westdeutschland, bis zu 6 Episoden über dem Schwarzwald, erwartet. In Nord- und Ostdeutschland ist eine Zunahme um 2 bis 4 Episoden anzunehmen.

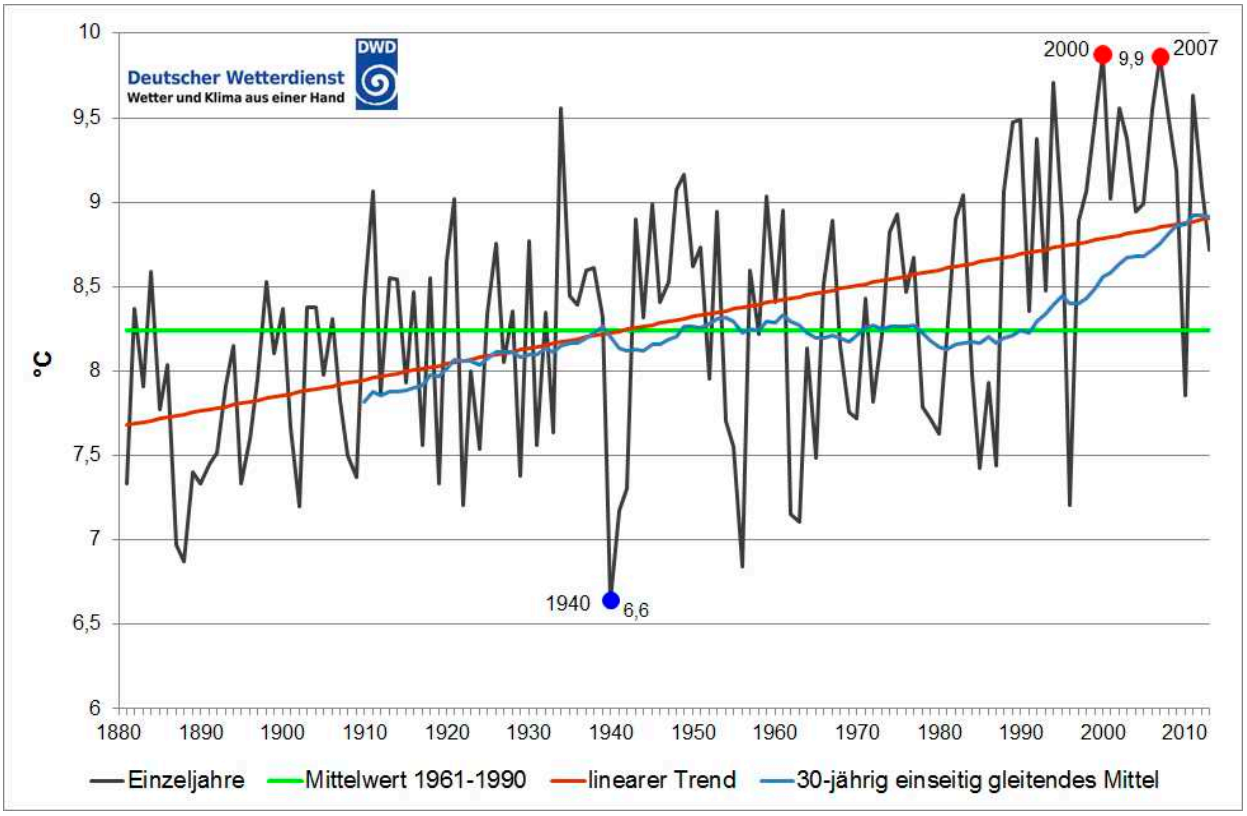


Abbildung Anhang 1-1: Verlauf der Jahresmitteltemperatur in Deutschland im Zeitraum 1881-2013

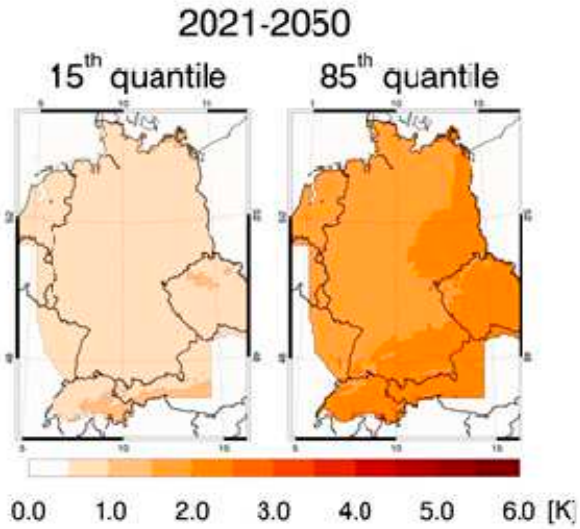


Abbildung Anhang 1-2: Projizierte Änderung des Jahresmittels der Lufttemperatur, Mittel über den Projektionszeitraum "2021-2050", A1B-Szenario

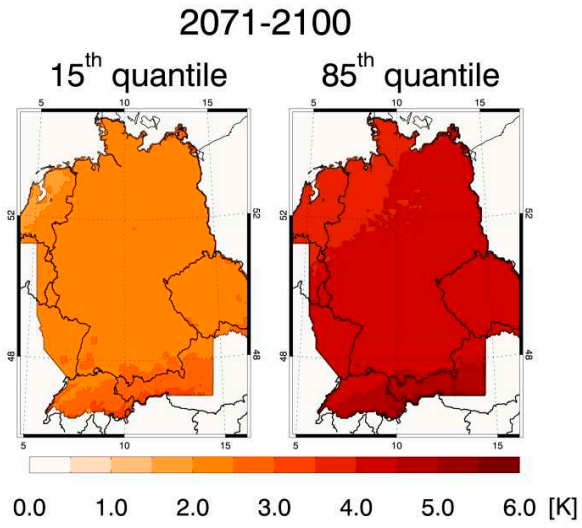


Abbildung Anhang 1-3: Projizierte Änderung des Jahresmittels der Lufttemperatur, Mittel über den Projektionszeitraum "2071-2100", A1B-Szenario

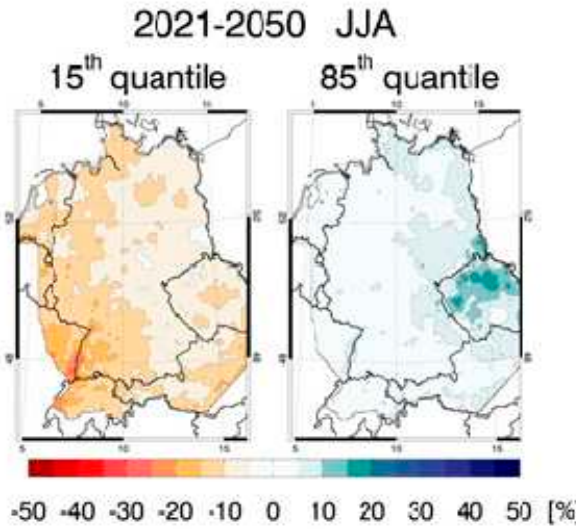


Abbildung Anhang 1-4: Projizierte relative Änderung des mittleren Sommerniederschlages ("DJF") in Prozent. Mittel über den Projektionszeitraum "2021-2050", A1B-Szenario

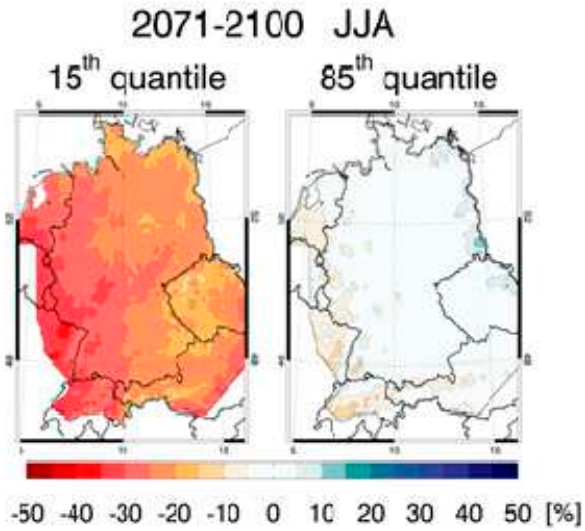


Abbildung Anhang 1-5: Projizierte relative Änderung des mittleren Sommerniederschlages ("DJF") in Prozent. Mittel über den Projektionszeitraum "2071-2100", A1B-Szenario

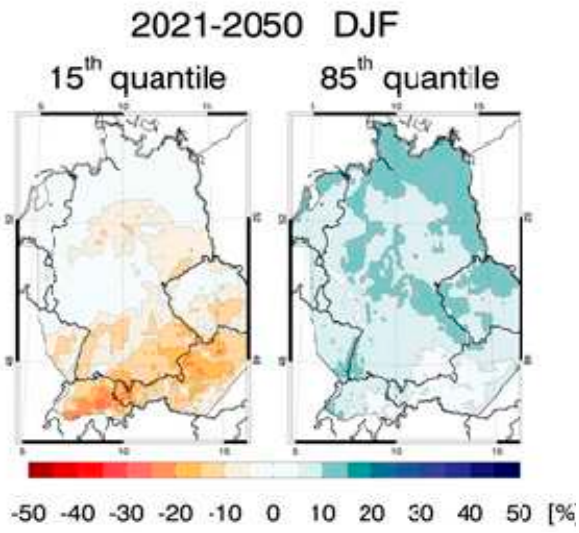


Abbildung Anhang 1-6: Projizierte relative Änderung des mittleren Winterniederschlages ("DJF") in Prozent. Mittel über den Projektionszeitraum "2021-2050", A1B-Szenario

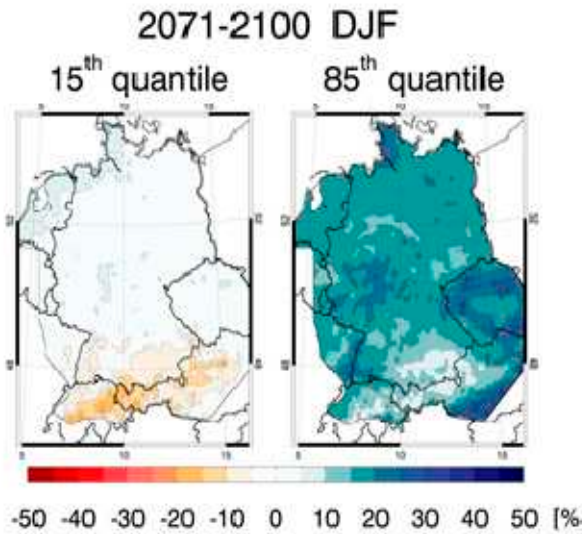


Abbildung Anhang 1-7: Projizierte relative Änderung des mittleren Winterniederschlages ("DJF") in Prozent. Mittel über den Projektionszeitraum "2071-2100", A1B-Szenario

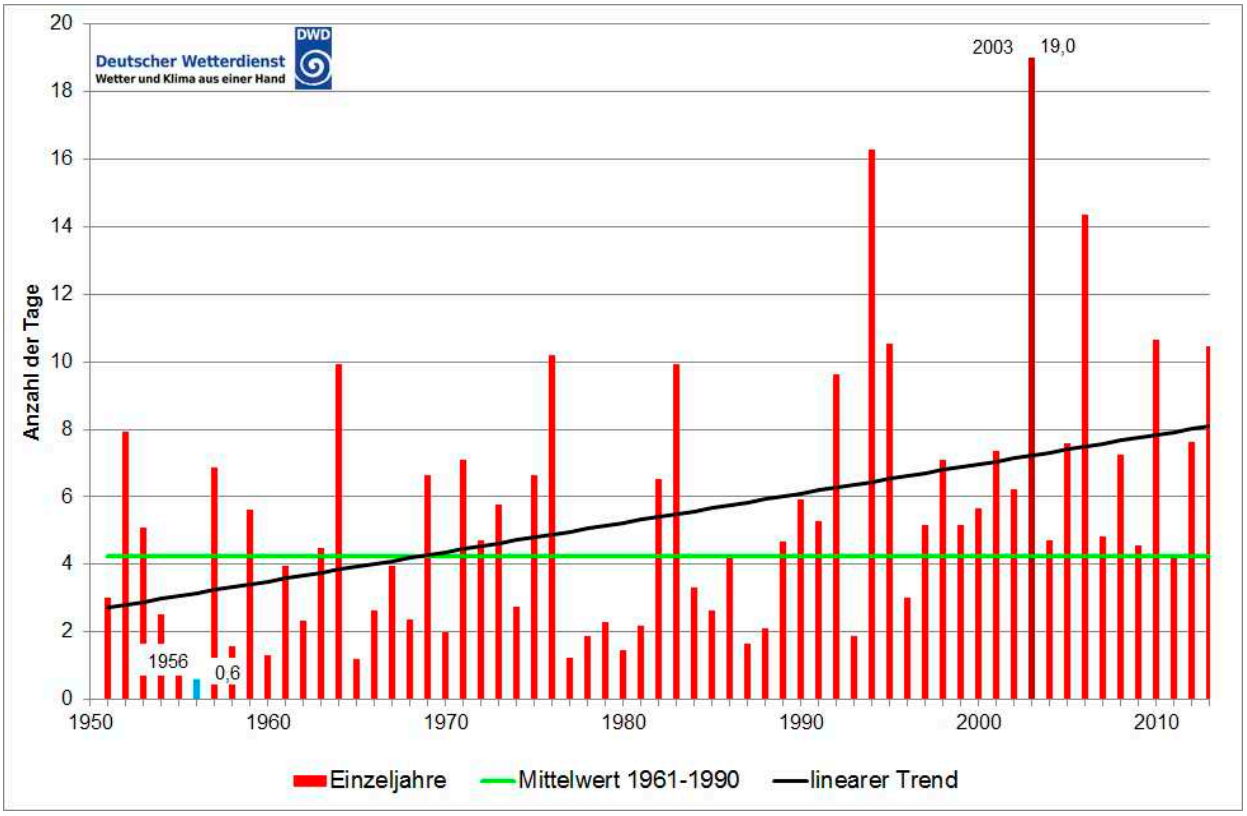


Abbildung Anhang 1-8: Verlauf der jährlichen Anzahl der Heißen Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 30 C in Deutschland im Zeitraum 1951-2013

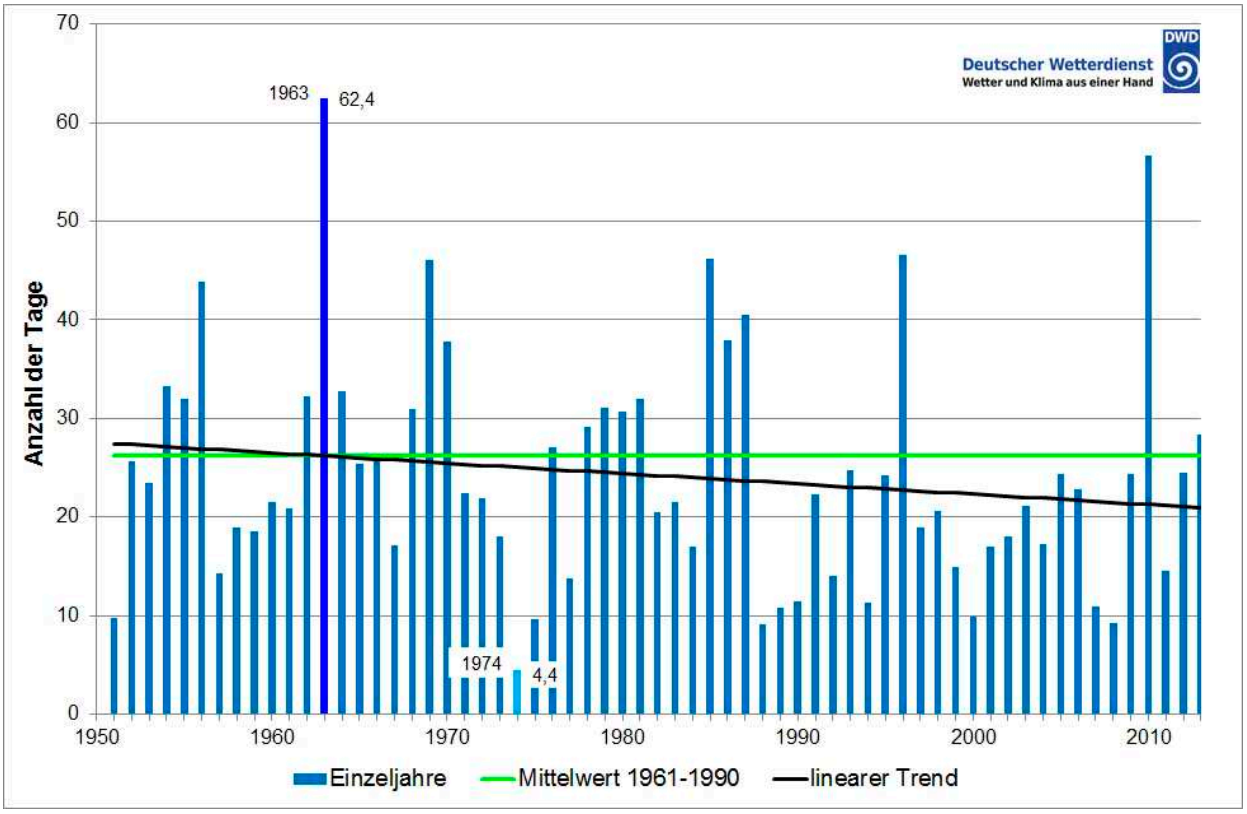


Abbildung Anhang 1-9: Verlauf der jährlichen Anzahl der Eistage mit einer Höchsttemperatur von unter 0 C in Deutschland im Zeitraum 1951-2013

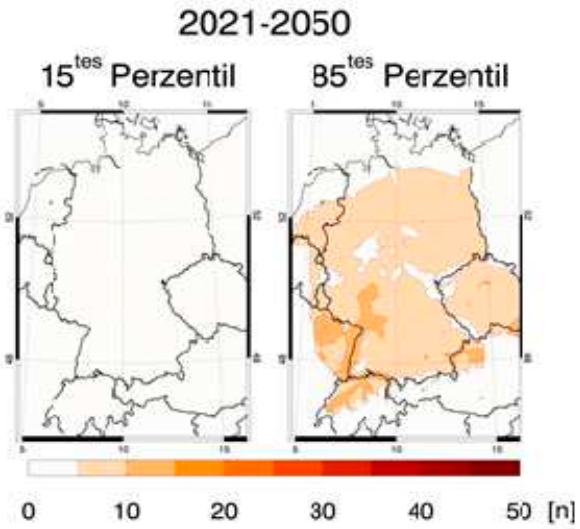


Abbildung Anhang 1-10: Projizierte Änderung der Anzahl Heißer Tage (Tmax30°C), Mittel über den Projektionszeitraum "2021-2050", A1B-Szenario

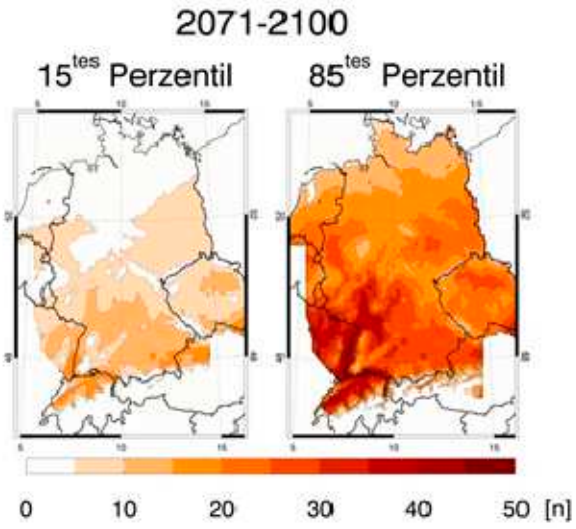


Abbildung Anhang 1-11: Projizierte Änderung der Anzahl Heißer Tage (Tmax30°C), Mittel über den Projektionszeitraum "2071-2100", A1B-Szenario

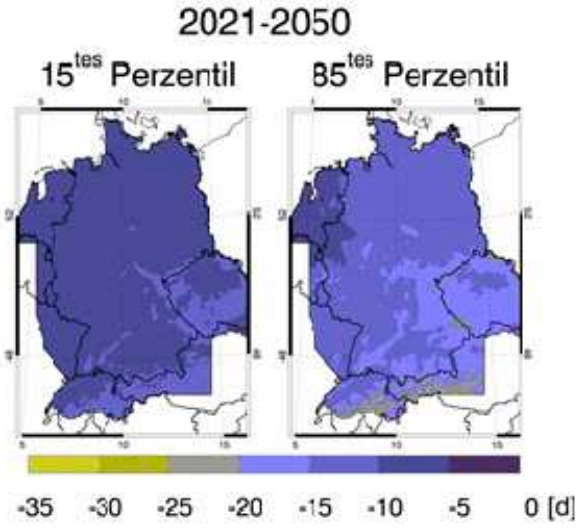


Abbildung Anhang 1-12: Projizierte Änderung der Anzahl von Eistagen (Tmax<0°C), Mittel über den Projektionszeitraum "2021-2050", A1B-Szenario

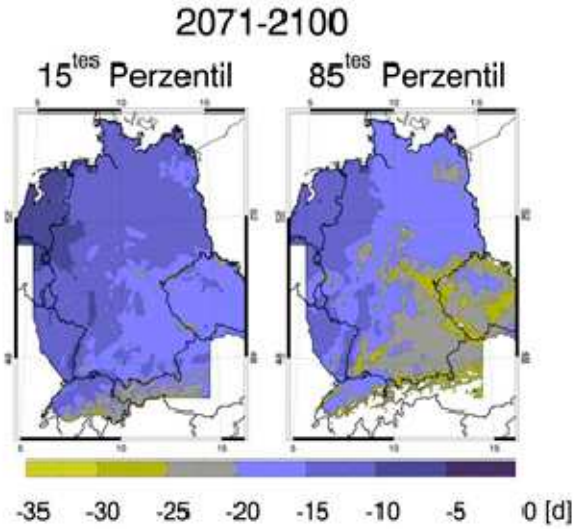


Abbildung Anhang 1-13: Projizierte Änderung der Anzahl von Eistagen (Tmax<0°C), Mittel über den Projektionszeitraum "2071-2100", A1B-Szenario

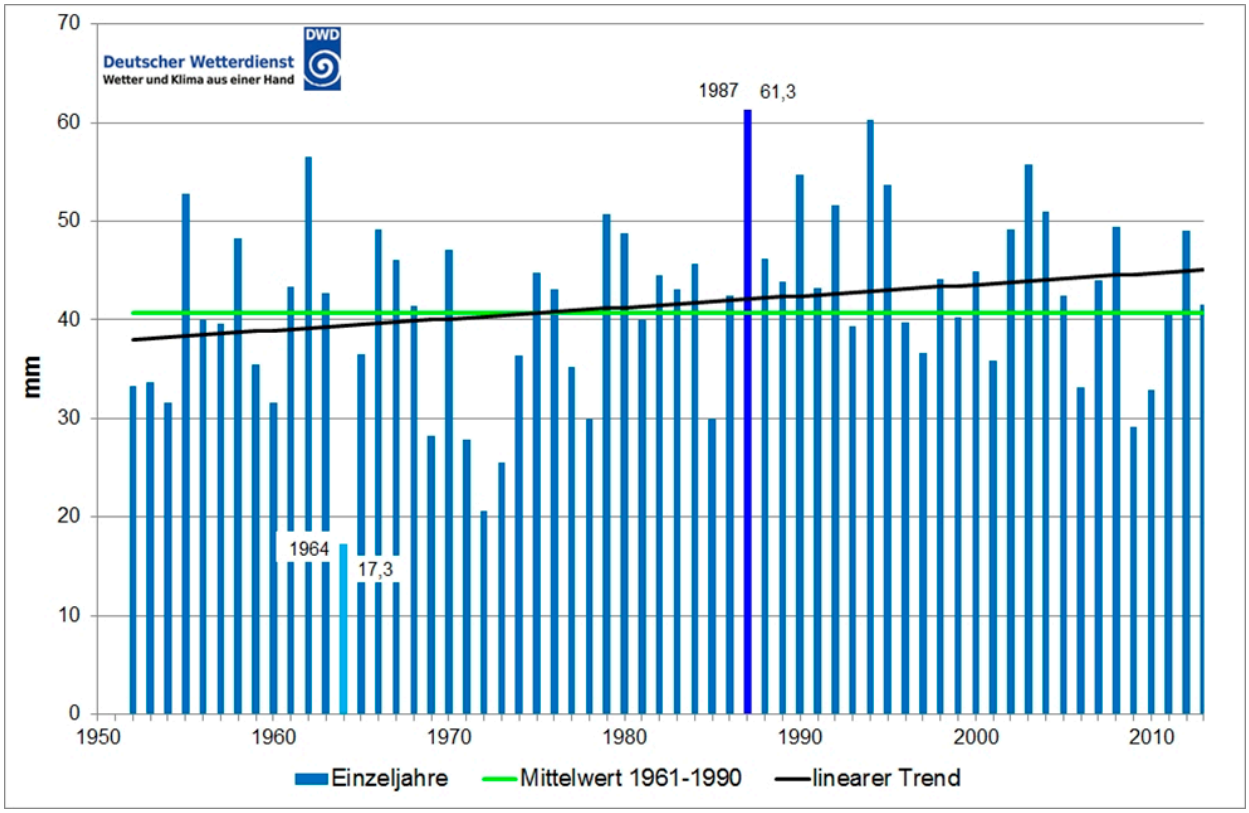


Abbildung Anhang 1-14: Verlauf der maximalen 5-Tagessummen der Niederschläge in Deutschland in den meteorologischen Wintern von 1951/1952 bis 2012/2013

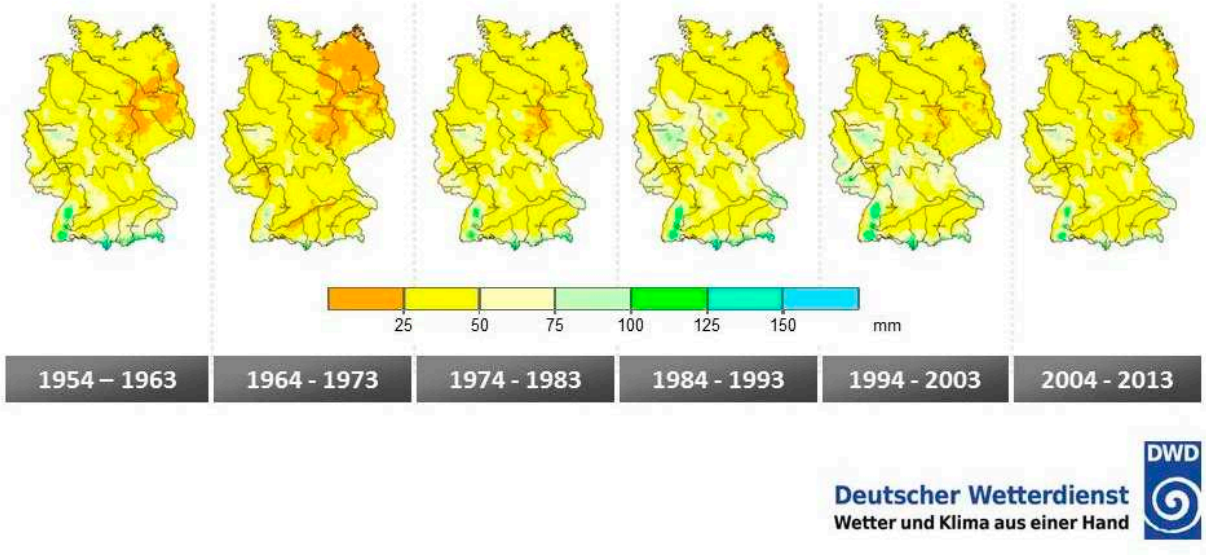


Abbildung Anhang 1-15: Entwicklung der mittleren maximalen 5-Tagessummen der Niederschläge in Deutschland im meteorologischen Winter in den sechs Dekaden von 1953/1954-1962/1963 bis hin zu 2003/2004-2012/2013

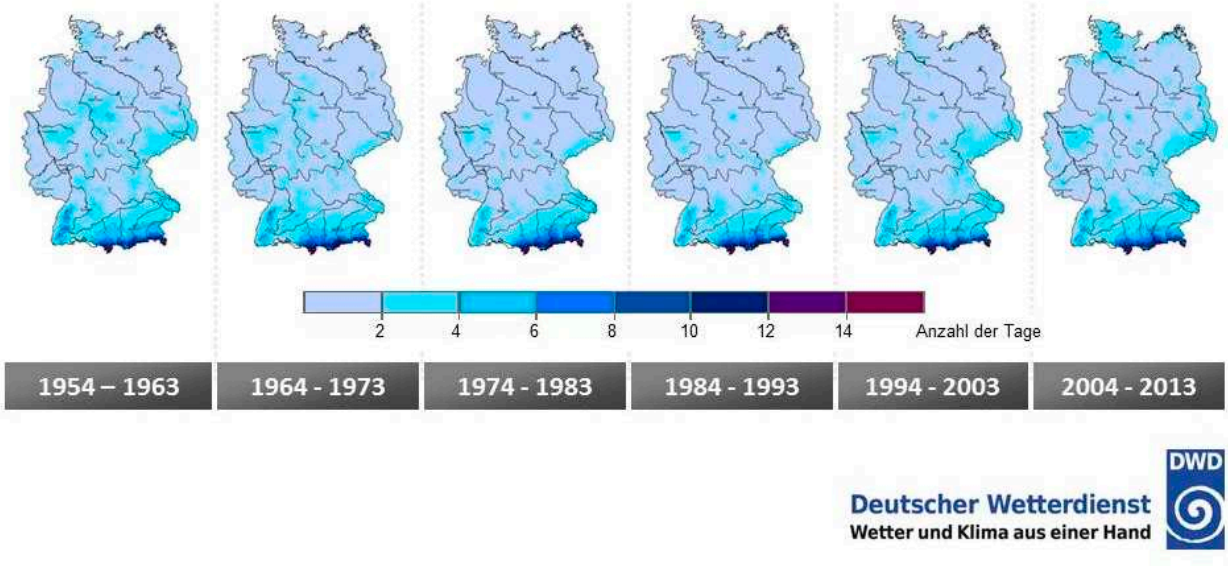


Abbildung Anhang 1-16: Entwicklung der mittleren Anzahl der Tage mit einer Niederschlagsmenge von 20 mm und mehr in Deutschland im meteorologischen Sommer in den sechs Dekaden von 1954-1963 bis hin zu 2004-2013

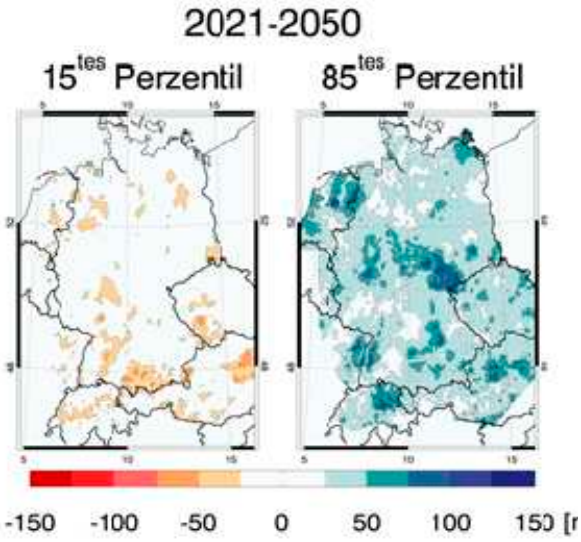


Abbildung Anhang 1-17: Projizierte Änderung der maximalen 5-Tagessummen des Winterniederschlages, Mittel über den Projektionszeitraum "

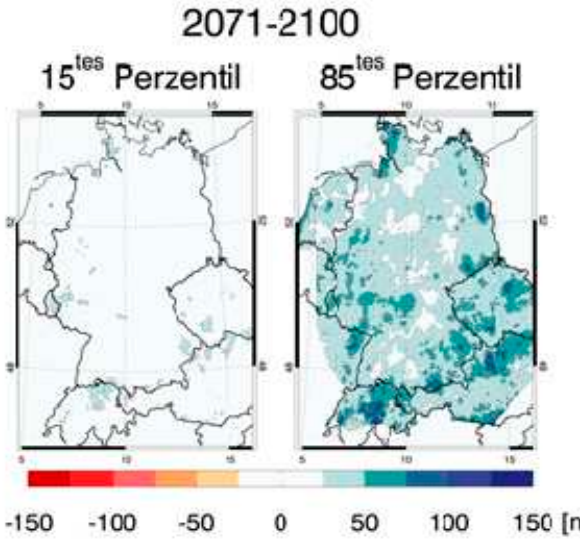


Abbildung Anhang 1-18: Projizierte Änderung der maximalen 5-Tagessummen des Winterniederschlages, Mittel über den Projektionszeitraum "

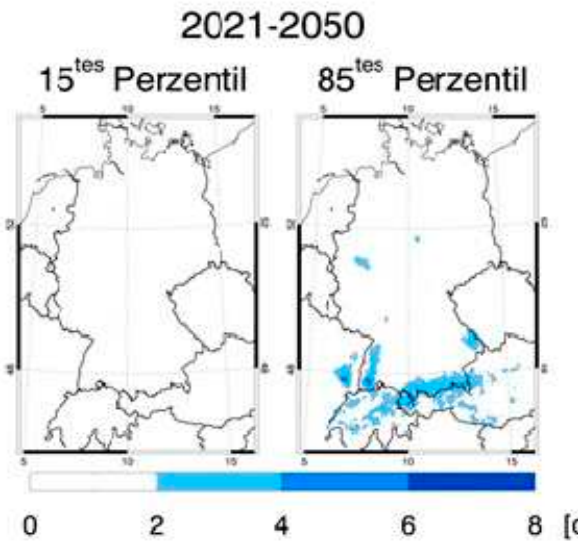


Abbildung Anhang 1-19: Projizierte Änderung der Anzahl der Tage mit einer Niederschlagsmenge von 20 mm und mehr im meteorologischen Sommer, Mittel über den Projektionszeitraum "2021-2050", A1B-Szenario

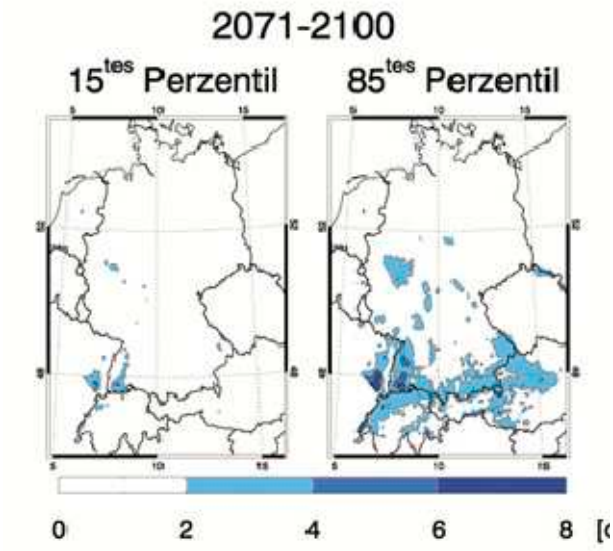


Abbildung Anhang 1-20: Projizierte Änderung der Anzahl der Tage mit einer Niederschlagsmenge von 20 mm und mehr im meteorologischen Sommer, Mittel über den Projektionszeitraum "2071-2100", A1B-Szenario

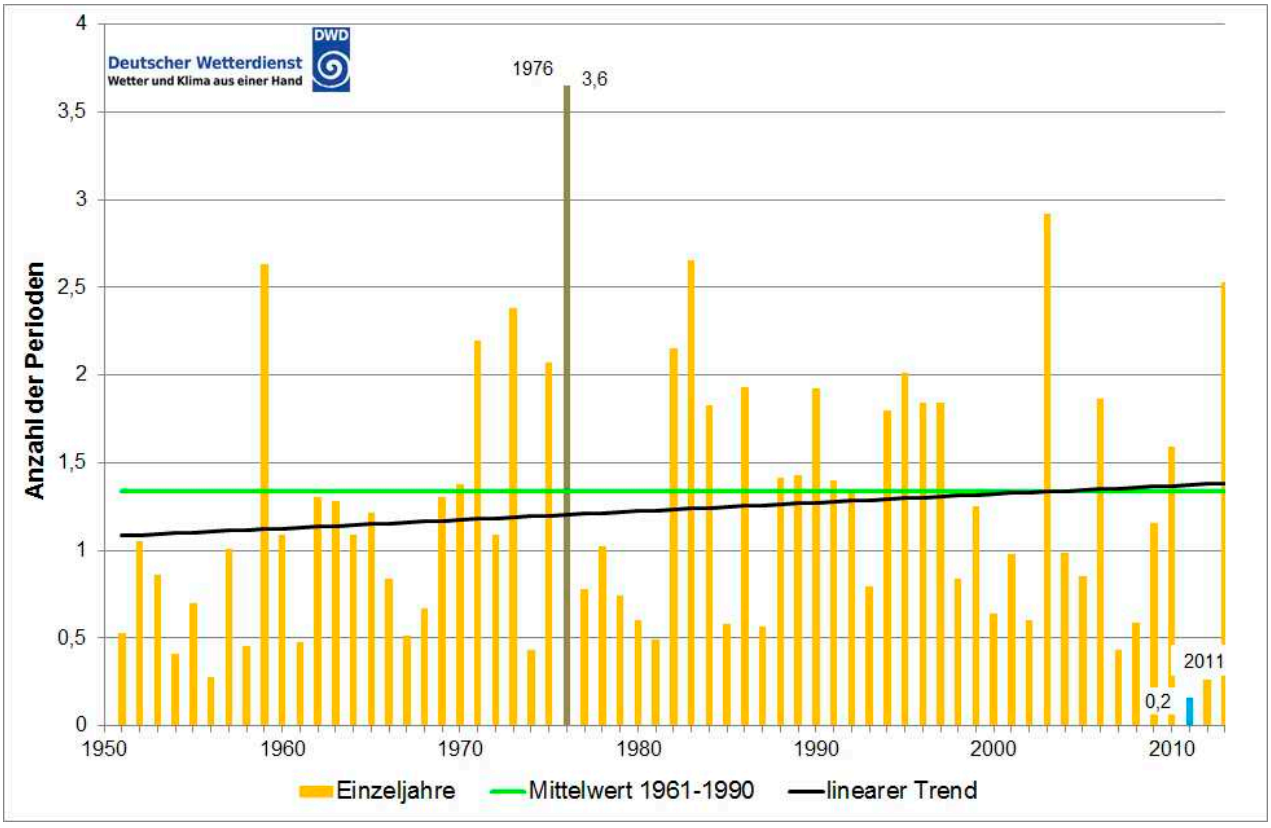


Abbildung Anhang 1-21: Verlauf der Anzahl von Trockenperioden mit mindestens zehn aufeinanderfolgenden Tagen ohne Niederschlag in Deutschland in den meteorologischen Sommern 1951-2013

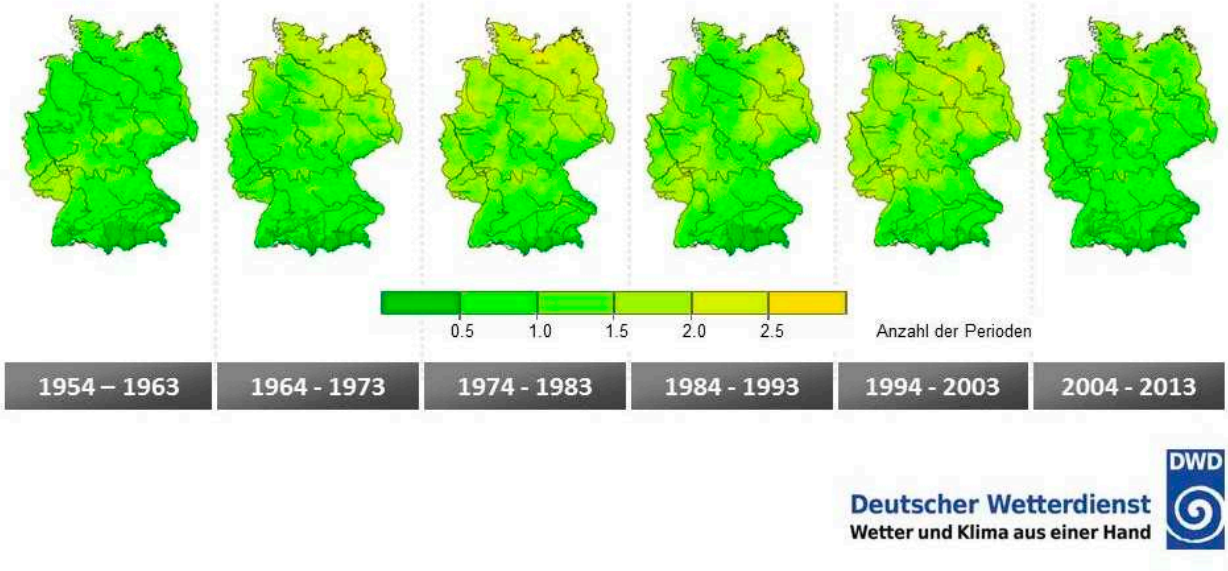


Abbildung Anhang 1-22: Entwicklung der mittleren Anzahl von Trockenperioden mit mindestens zehn aufeinanderfolgenden Tagen ohne Niederschlag in Deutschland im meteorologischen Sommer in den sechs Dekaden von 1954-1963 bis hin zu 2004-2013

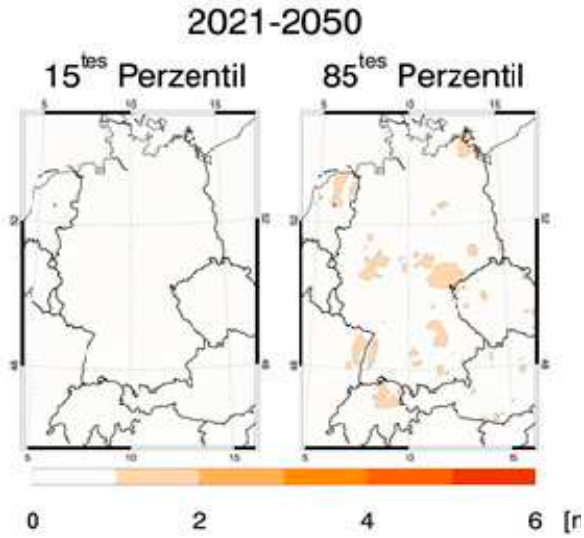


Abbildung Anhang 1-23: Projizierte Änderung der Anzahl von Trockenperioden mit mindestens zehn aufeinanderfolgenden Tagen ohne Niederschlag, Mittel über den Projektionszeitraum "2021-2050", A1B-Szenario

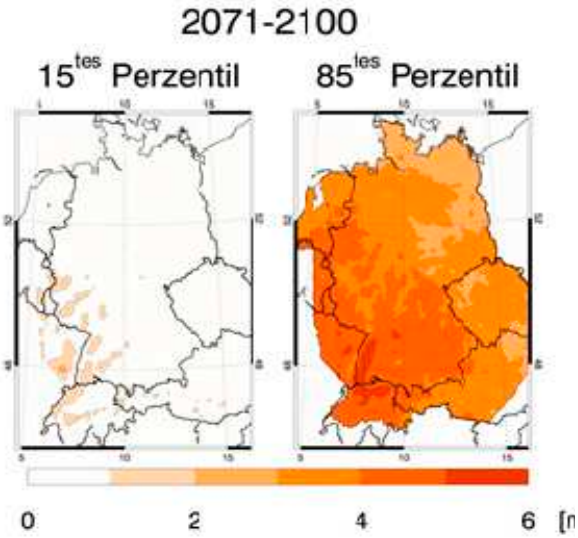


Abbildung Anhang 1-24: Projizierte Änderung der Anzahl von Trockenperioden mit mindestens zehn aufeinanderfolgenden Tagen ohne Niederschlag, Mittel über den Projektionszeitraum "2071-2100", A1B-Szenario

SRES scenario	GCM	RCM	Förderung
A1B	ARPEGE	HIRHAM5 RM5.1	EU-ENSEMBLES EU-ENSEMBLES
	BCM2	HIRHAM5 RCA3	EU-ENSEMBLES EU-ENSEMBLES
	ECHAM5r1	CLM2.4.11	BMBF
	ECHAM5r2	CLM2.4.11	BMBF
	ECHAM5r3	HIRHAM5 RACMO2 RCA3 RegCM3 REMO5.7	EU-ENSEMBLES EU-ENSEMBLES EU-ENSEMBLES EU-ENSEMBLES EU-ENSEMBLES
	HadCM3Q0	CLM2.4.6 HadRM3Q0	EU-ENSEMBLES EU-ENSEMBLES
	HadCM3Q3	RCA3 HadRM3Q3	EU-ENSEMBLES EU-ENSEMBLES
	HadCM3Q16	RCA3 HadRM3Q16	EU-ENSEMBLES EU-ENSEMBLES

Tabelle Anhang 1-1: Für die Ensembleauswertung verwendete Klimaprojektionen. Dargestellt sind die Kombinationen der Globalen und Regionalen Klimamodelle auf der Basis des A1B-Emissionsszenarios.

Anhang 2 des Fortschrittsberichts

Vulnerabilitätsanalyse

Stand: 09.11.2015

Bericht zur Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel

basierend auf Arbeiten des Netzwerks Vulnerabilität (2011-2015)

Inhaltsverzeichnis

Seite

Abbildungsverzeichnis ... 86

Tabellenverzeichnis ... 88

1 Ziel, Prozess und Methodik ... 89

2 Auswirkungen des Klimawandels auf die Handlungsfelder ... 94

2.1 Handlungsfeld „Boden“ ... 96

2.2 Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ ... 102

2.3 Handlungsfeld „Landwirtschaft“ ... 104

2.4 Handlungsfeld „Wald- und Forstwirtschaft“ ... 109

2.5 Handlungsfeld „Fischerei“ ... 113

2.6 Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“ ... 115

2.7 Handlungsfeld „Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt“ ... 118

2.8 Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ ... 123

2.9 Handlungsfeld „Bauwesen“ ... 127

2.10 Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“ ... 131

2.11 Handlungsfeld „Energiewirtschaft“ ... 135

2.12 Handlungsfeld „Tourismuswirtschaft“ ... 140

2.13 Handlungsfeld „Finanzwirtschaft“ ... 142

2.14 Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“ ... 144

2.15 Handlungsfeld „Bevölkerungsschutz“ ... 148

2.16 Handlungsfeld „Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung“ ... 148

3 Handlungsfeldübergreifende Auswirkungen des Klimawandels ... 152

3.1 Vom Klimawandel ähnlich betroffene Räume Deutschlands ... 152

3.2 Thematische Cluster und ihre zentralen Klimawirkungen ... 153

3.2.1 Cluster „Wasser“ ... 154

3.2.2 Cluster „Land“ ... 156

3.2.3 Cluster „Infrastrukturen“ ... 157

3.2.4 Cluster „Wirtschaft“ ... 158

3.2.5 Cluster „Gesundheit“ ... 159

3.2.6 Cluster „Raumplanung und Bevölkerungsschutz“ und allgemeine Anpassungskapazität ... 160

3.3 Handlungsfeldübergreifende thematische und räumliche Schwerpunkte ... 162

3.4 Erkenntnisse für ein zukünftiges Vorgehen ... 164

Abbildungsverzeichnis

		Seite
Abbildung 1:	Vulnerabilitätskonzept des Netzwerks Vulnerabilität	90
Abbildung 2:	Wirkungsketten des Handlungsfelds „Industrie und Gewerbe“	92
Abbildung 3:	Erläuterungen zu den Karten der Klimawirkungen	95
Abbildung 4:	Klimawirkung „Bodenerosion durch Wasser“ basierend auf Modellergebnissen zu „Potenzielle Erosionsgefährdung der Ackerböden durch Wasser“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)	99
Abbildung 5:	Klimawirkung „Bodenerosion durch Wind“ basierend auf Modellergebnissen zu „Potenzielle Erosionsgefährdung der Ackerböden durch Wind“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)	100
Abbildung 6:	Klimawirkung „Ausbreitung invasiver Arten“ basierend auf Modellergebnissen für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)	103
Abbildung 7:	Klimawirkung „Agrophänologischer Phasen“ basierend auf einem Wirkmodell für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)	107
Abbildung 8:	Klimawirkung „Waldbrandrisiko“ basierend auf einem Wirkmodell für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)	111
Abbildung 9:	Klimawirkung „Sturmfluten“ basierend auf dem Indikator „Potenzielle Überflutungsflächen durch Sturmfluten“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)	117
Abbildung 10:	Klimawirkung „Auswirkungen auf Kanalsystem und Kläranlagen“ basierend auf dem Indikator „Starkregen auf versiegelten Flächen“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)	121
Abbildung 11:	Klimawirkung „Überschwemmung und Unterspülung von Straßen und Schieneninfrastrukturen“ basierend auf dem Indikator „Potenzielle Schäden an Verkehrsinfrastruktur durch Sturzfluten“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)	125
Abbildung 12:	Klimawirkung „Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Flusshochwasser und Sturzfluten“ basierend auf dem Indikator „Potenzielle Schäden an Gebäuden durch Flusshochwasser“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)	129
Abbildung 13:	Klimawirkung „Beeinträchtigung des landgestützten Warenverkehrs“ basierend auf dem Indikator „Potenzielle Schäden an Verkehrsinfrastrukturen durch Starkwind“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)	133

Seite

Abbildung 14: Klimawirkung „Bedarf an Heizenergie“ basierend auf dem Indikator „Potenzieller Heizenergiebedarf“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050) 138

Abbildung 15: Klimawirkung „Saisonale und regionale Nachfrageverschiebung“ basierend auf Modellergebnissen zur „Durchschnittliche Anzahl der Badetage pro Saison“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)..... 141

Abbildung 16: Klimawirkung „Hitzebelastung“ basierend auf dem Indikator „Potenzielle Hitzebelastung für die Bevölkerung über 60 Jahre“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)..... 146

Abbildung 17: Berücksichtigung der von der Ministerkonferenz für Raumordnung (2013) vorgegebenen Anpassungserfordernissen in den Regionalplänen..... 151

Abbildung 18: Klimaraumtypen in Deutschland zur Kennzeichnung „ähnlich betroffener Räume“ 152

Abbildung 19: Abbildung der Wechselbeziehungen zwischen den Handlungsfeldern 154

Abbildung 20: Typisierung der Kreisregionen in Deutschland nach ausgewählten siedlungsstrukturellen, ökonomischen und sozialen Merkmalen 161

Abbildung 21: Regionale Betroffenheit und handlungsfeldübergreifende Folgen des Klimawandels in Deutschland (nahe Zukunft)..... 163

Tabellenverzeichnis

		Seite
Tabelle 1:	Symbole der Klimasignale und ihre Bedeutung	96
Tabelle 2:	Klimawirkungen im Handlungsfeld „Boden“	101
Tabelle 3:	Klimawirkungen im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“	104
Tabelle 4:	Klimawirkungen im Handlungsfeld „Landwirtschaft“	108
Tabelle 5:	Klimawirkungen im Handlungsfeld „Wald- und Forstwirtschaft“	112
Tabelle 6:	Klimawirkungen im Handlungsfeld „Fischerei“	115
Tabelle 7:	Klimawirkungen im Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“	118
Tabelle 8:	Klimawirkungen im Handlungsfeld „Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt“	122
Tabelle 9:	Klimawirkungen im Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“	126
Tabelle 10:	Klimawirkungen im Handlungsfeld „Bauwesen“	130
Tabelle 11:	Klimawirkungen im Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“	134
Tabelle 12:	Klimawirkungen im Handlungsfeld „Energiewirtschaft“	139
Tabelle 13:	Klimawirkungen im Handlungsfeld „Tourismuswirtschaft“	142
Tabelle 14:	Klimawirkungen im Handlungsfeld „Finanzwirtschaft“	144
Tabelle 15:	Klimawirkungen im Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“	147
Tabelle 16:	Klimasignale im Cluster „Wasser“ und Anzahl der Klimawirkungen, die durch diese Klimasignale beeinflusst werden, bei insgesamt 15 Klimawirkungen im Cluster „Wasser“	155
Tabelle 17:	Klimasignale im Cluster „Land“ und Anzahl der Klimawirkungen, die durch diese Klimasignale beeinflusst werden, bei insgesamt 21 Klimawirkungen im Cluster „Land“	156
Tabelle 18:	Klimasignale im Cluster „Infrastrukturen“ und Anzahl der Klimawirkungen, die durch diese Klimasignale beeinflusst werden, bei insgesamt 18 Klimawirkungen im Cluster „Infrastrukturen“	157
Tabelle 19:	Klimasignale im Cluster „Wirtschaft“ und Anzahl der Klimawirkungen, die durch diese Klimasignale beeinflusst werden, bei insgesamt 14 Klimawirkungen im Cluster „Wirtschaft“	158
Tabelle 20:	Klimasignale im Cluster „Gesundheit“ und Anzahl der Klimawirkungen, die durch diese Klimasignale beeinflusst werden, bei insgesamt 4 Klimawirkungen im Cluster „ Gesundheit“	160

1 Ziel, Prozess und Methodik

Im Aktionsplan Anpassung (Bundesregierung 2011) wurde als Grundlage für die Priorisierung von klimatisch bedingten Gefährdungen und von Handlungserfordernissen eine aktuelle handlungsfeldübergreifende und nach einheitlichen Maßstäben erstellte Vulnerabilitätsanalyse für Deutschland gefordert. Die Analyse der Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel ist eine wissenschaftliche Querschnittsaufgabe. Sie verlangt die Kooperation verschiedener Fachdisziplinen und Behörden sowie die Integration regionaler und handlungsfeldspezifischer Expertise. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und das Umweltbundesamt haben daher 2011 im Auftrag der Bundesregierung die Aufgabe übernommen, das „Netzwerk Vulnerabilität" aufzubauen. Alle Bundesoberbehörden und -institutionen waren eingeladen, sich zu beteiligen. Folgende 16 Behörden und Institutionen sind dem gefolgt:

- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK)
- Bundesamt für Naturschutz (BfN)
- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)
- Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW)
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)
- Deutscher Wetterdienst (DWD)
- Johann Heinrich von Thünen-Institut (Thünen-Institut)
- KfW
- Projektträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (PT-DLR)
- Robert Koch-Institut (RKI)
- Umweltbundesamt (UBA)

Ziel des Netzwerks war es, den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand zu Vulnerabilitätsanalysen sowie das Wissen der Fachbehörden zu den Folgen des Klimawandels in Deutschland zusammenzuführen und darauf aufbauend, die Vulnerabilität Deutschlands handlungsfeldübergreifend zu analysieren. Mittels der Vulnerabilitätsanalyse wurden in einem Screeningverfahren deutschlandweit und handlungsfeldübergreifend die Regionen und Systeme identifiziert, die besonders durch den Klimawandel gefährdet, das heißt vulnerabel, sind. Unterstützt wurde das Netzwerk von einem wissenschaftlichen Konsortium. Dieses erarbeitete – im Auftrag des Umweltbundesamtes und in enger Abstimmung mit den Bundesoberbehörden und -instituten im Netzwerk Vulnerabilität –die wissenschaftlichen Ergebnisse, und bereitete die Entscheidungsgrundlagen und Analyseschritte der Vulnerabilitätsanalyse vor. Die Behörden und Instituten des Netzwerks unterstützen die Untersuchung durch Daten, Modellergebnisse, Expertenwissen und Bewertungen im Rahmen ihrer eigenen Ressourcen. Die Behörden des Netzwerks leisten diese neue und wissenschaftlich anspruchsvolle Aufgabe derzeit noch ohne zusätzliche Ressource aus ihrem Bestandswissen, welches z.T. durch eigene Forschungsaktivitäten genährt wird. Einbezogen wurden zudem mehr als 40 externe Wissenschaftler und Stakeholder. Zur Qualitätssicherung wurden die beteiligten Behörden zur Kommentierung und Bewertung der aufgearbeiteten Kenntnisstände aufgefordert.

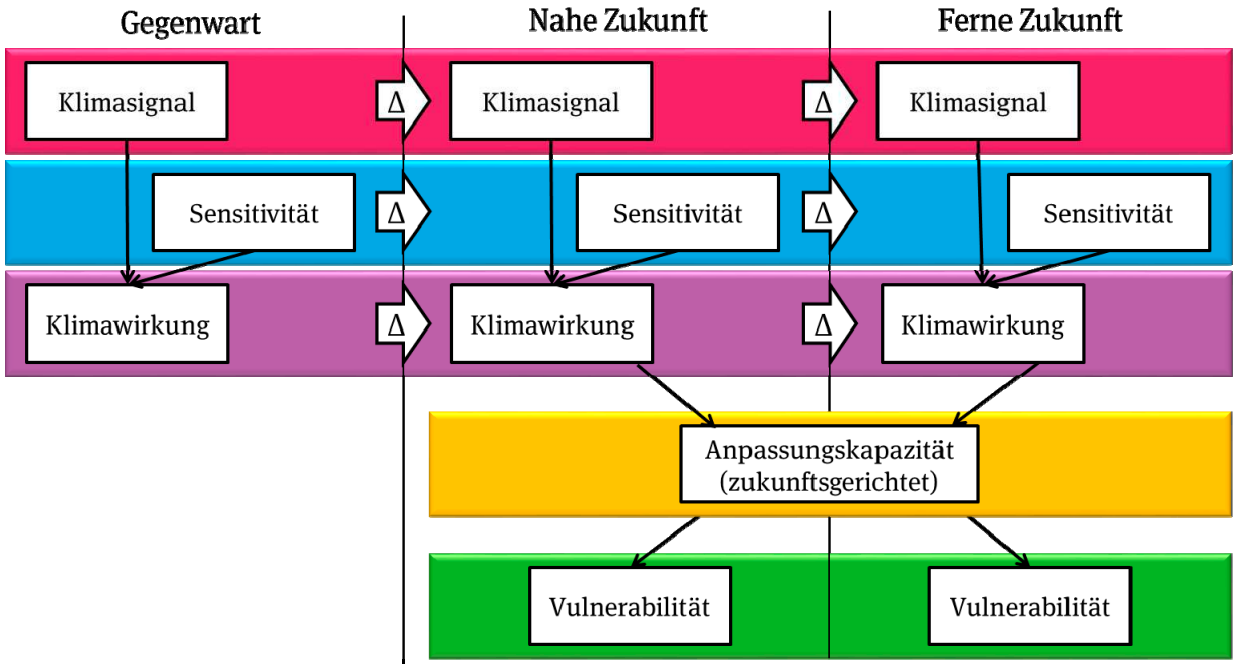
Alle Handlungsfelder der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) einzubeziehen, erforderte eine kontinuierliche, ressortübergreifende und interdisziplinäre Kommunikation, die im Abschlussbericht des Vorhabens des Konsortiums (adelphi/PRC/EURAC 2015[74]) dokumentiert ist. Dem Auftrag der Bundesregierung folgend wurde eine handlungsfeldübergreifende Analysemethodik entwickelt und verwendet. Sie erlaubte es, auf der

[74] adelphi / PRC / EURAC (2015): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Dessau-Roßlau. Online unter http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem..

Basis des durch das Netzwerk Vulnerabilität erhobenen Kenntnisstands (dokumentiert in Abschlussbericht Netzwerk Vulnerabilität) mittels eines einheitlichen Vorgehens und einheitlicher Kriterien, handlungsfeldspezifische und -übergreifende Aussagen zu treffen. Diese dienen im Folgenden als eine Grundlage für eine zielgerichtete Anpassungspolitik und leisten einen wesentlichen Beitrag zur Fortschreibung des Aktionsplans Anpassung sowie als Orientierung für andere Akteure, indem sie Hinweise zu weiteren Handlungserfordernissen geben (siehe Kapitel E 2, Anhang 3 des Fortschrittberichts). Weiterführende sektorale oder regionale Vulnerabilitätsanalysen können diese Untersuchung als methodischen Rahmen nutzen und inhaltlich ergänzen.

Basis der Methodik war das Vulnerabilitätskonzept des Intergovenmental Panel on Climate Change (IPCC; Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen; Weltklimarat), wie es im Assessment Report 4 2007 (AR4; Vierter Sachstandsbericht) beschrieben wird. Danach ist Vulnerabilität das Maß der Anfälligkeit eines Systems gegenüber dem Klimawandel, sowie die Unfähigkeit damit umzugehen. Die Vulnerabilität wird beeinflusst durch das Klima (Klimasignale[75]), durch die Empfindlichkeit der betroffenen Systeme (Sensitivität) sowie durch deren Möglichkeiten, sich an den Wandel anzupassen (Anpassungskapazität). Dieses Konzept wurde für die vorliegende Vulnerabilitätsanalyse so umgesetzt, dass die Sensitivität eines Systems zu einer definierten Zeit bestimmt, welche Auswirkung das dann wirksame Klimasignal hat. Der Begriff „Klimawirkung“ beschreibt daher in dieser Analyse für die Gegenwart die Wirkung des heutigen Klimas auf das heutige System und für die Zukunft die Wirkung des zukünftigen Klimas auf ein zukünftiges System. Die Anpassungskapazität kann nur zukünftig, wenn sie zu konkreten Anpassungsmaßnahmen genutzt wurde, die Auswirkungen des Klimawandels verringern. Daher können auch nur für die Zukunft Aussagen zur Vulnerabilität getroffen werden (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1: Vulnerabilitätskonzept des Netzwerks Vulnerabilität



[75] Mit Klimasignale sind die Ausprägung der klimatischen Parameter, wie Niederschlag, in einem Zeitraum gemeint, inkl. Ausmaß und Geschwindigkeit der Klimaänderungen sowie klimatischer Extremereignisse. Hochwasser, Sturzfluten, Sturmfluten und Meeresspiegelanstieg sind Klimawirkungen 1. Ordnung im Handlungsfeld Wasser und Küste. Sie werden in den anderen Handlungsfeldern als Klimasignale benutzt. Unter Sensitivität werden nicht-klimatische Einflussfaktoren oder Eigenschaften verstanden, die ein System empfindlich gegenüber dem Klimawandel machen. Anpassungskapazität ist das aus heutiger Sicht abschätzbare Potential für zukünftige Anpassung. Nur wenn dieses Potential auch für Anpassung eingesetzt wird, wird es die zukünftige Vulnerabilität tatsächlich vermindern.

Die Untersuchung erfolgte in folgenden Zeiträumen:

- Gegenwart
- nahe Zukunft (2021 bis 2050)
- ferne Zukunft (2071 bis 2100)

Der Fokus der Untersuchung lag auf der Gegenwart und der nahen Zukunft, da der Handlungsbedarf der nächsten Jahre im Vordergrund stand. Um die Bandbreite der zukünftigen klimatischen und sozioökonomischen Entwicklungen abzubilden, wurden zwei Szenariokombinationen für die nahe Zukunft untersucht:

- Starker Wandel: Für die Klimaprojektionen wurde grundsätzlich das 85. Perzentil der Ergebnisse des Klimamodellensembles des DWD[76] verwendet. Weiterer Ausgangspunkt ist eine relativ starke sozioökonomische Entwicklung, unter anderem mit einem durchschnittlichen jährlichen Wirtschaftswachstum von 1,1 Prozent, einer durchschnittlichen täglichen Flächenneuinanspruchnahme von 59 Hektar und einem Bevölkerungsrückgang auf 78,68 Millionen Einwohner im Jahr 2030[77].
- Schwacher Wandel: Für die Klimaprojektionen wurde grundsätzlich das 15. Perzentil der Ergebnisse des DWD-Klimamodellensembles verwendet. Das verwendete sozioökonomische Szenario beruht – im Vergleich zum Szenario starker Wandel – auf einem geringeren jährlichen Wirtschaftswachstum (durchschnittlich 0,58 Prozent), einer geringeren täglichen Flächenneuinanspruchnahme (49,3 Hektar) sowie einer stärker abnehmenden Bevölkerung auf 75,67 Millionen Einwohner im Jahr 2030 (Details siehe Abschlussbericht Netzwerk Vulnerabilität).

Für die ferne Zukunft lässt sich die sozioökonomische Entwicklung nur sehr unsicher projizieren. Daher basierte die Einschätzung der Klimawirkungen im Zeitraum 2071 bis 2100 nur auf den Klimaprojektionen (zur Diskussion der Unsicherheit der Klimaprojektionen siehe Kap. D1 des Fortschrittberichts).

Um die Klimawirkungen zu analysieren, wurden für jedes Handlungsfeld Wirkungsketten erstellt. Diese benennen die relevanten Klimasignale und die dadurch beeinflussten Klimawirkungen inklusive Hinweise auf Wechselbeziehungen zu anderen Handlungsfeldern. Soweit möglich, berücksichtigen die Wirkungsketten die Struktur und Ergebnisse des DAS-Monitoringsystems. Ein Beispiel für eine solche Wirkungskette zeigt Abbildung 2.

---

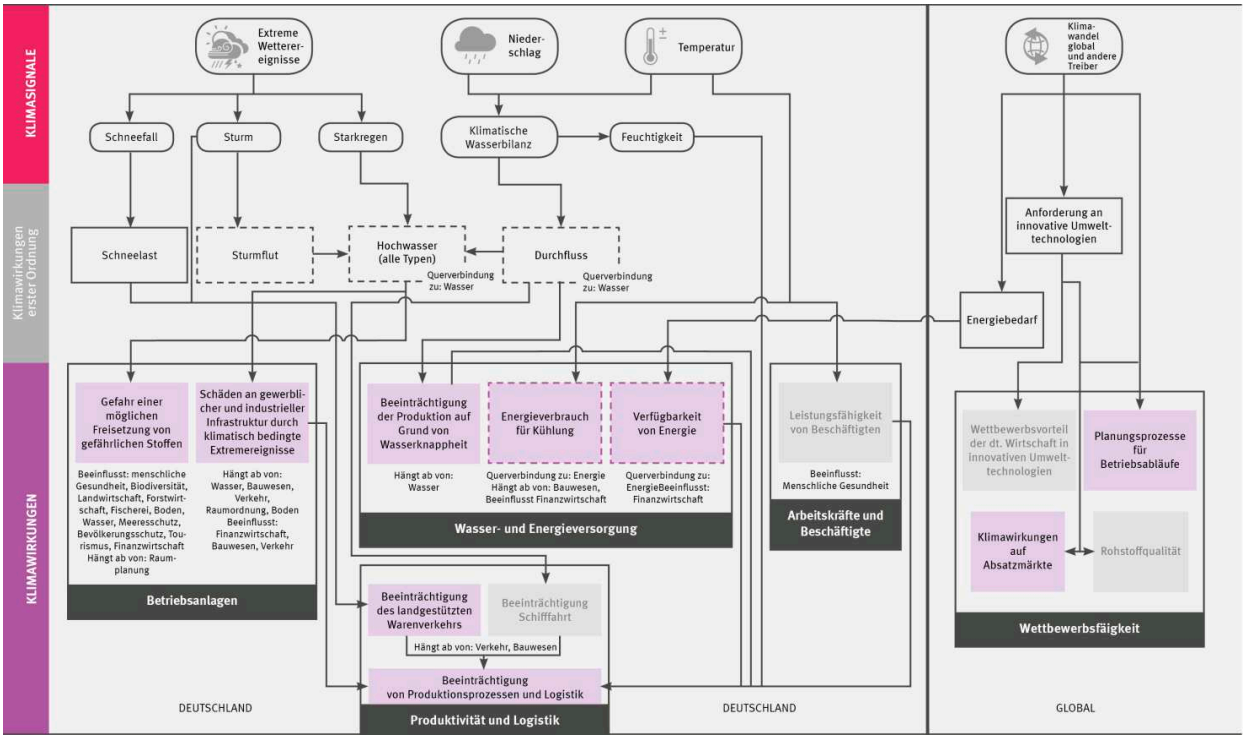
[76] Das Klimamodellensemble des DWD umfasst 19 regionale Klimaprojektionen bis Ende des Jahrhunderts auf der Grundlage des Emissionsszenarios A1B (Überblick über die Ergebnisse siehe Fortschrittsbericht, Kapitel D1, weitere Erläuterungen siehe www.dwd.de/klimaatlas). Die Quantile können grundsätzlich wie folgt interpretiert werden (Bundesregierung 2011):

15-Prozent-Quantil:
Mit einer 85-prozentigen Wahrscheinlichkeit werden die dargestellten Änderungssignale im Ensemble überschritten; das heißt 85 Prozent der Projektionen prognostizieren höhere und 15 Prozent die dargestellten oder niedrigeren Änderungsraten.

85-Prozent-Quantil:
Mit einer 85-prozentigen Wahrscheinlichkeit werden die dargestellten Änderungssignale im Ensemble nicht überschritten, das heißt 85 Prozent des Ensembles prognostizieren die dargestellten oder niedrigere Änderungsraten und 15 Prozent prognostizieren höhere Änderungsraten.
Der Bereich zwischen den gewählten unteren und oberen Schranken umfasst somit eine Eintrittswahrscheinlichkeit von 70 Prozent bezüglich des betrachteten Ensembles. (Hinweis: Die hier benutzten Begriffe Wahrscheinlichkeit und Quantil basieren lediglich auf dem verwendeten Klimaprojektionsensemble. Dieses Ensemble repräsentiert nur einen Ausschnitt möglicher zukünftiger Klimaentwicklungen, sodass es sich bei den hier präsentierten Ergebnissen nicht um statistische Eintrittswahrscheinlichkeiten im engeren Sinn handelt.) Stellenweise mussten Klimadaten des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) verwendet werden. Hier wurde für den starken Wandel das 95. Perzentil und für den schwachen Wandel das 5. Perzentil verwendet. Wo bestehende Modellergebnisse verwendet wurden, sind ebenfalls abweichende Klimaprojektionen eingeflossen. Hier wurde darauf geachtet, dass die Annahmen der Modellberechnungen denen des Vorhabens ähnlich sind. Für niederschlagsgetriebene Modelle wurden in der Regel ein feuchtes und ein trockenes Szenario berechnet.

[77] Die zwei verwendeten sozioökonomischen Landnutzungsszenarien wurden mit dem Modellverbund PANTA RHEI REGIO der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS) und dem Land Use Scanner des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) für 2030 auf Landkreisebene berechnet.

Abbildung 2: Wirkungsketten des Handlungsfelds „Industrie und Gewerbe“



Die ovalen Formen zeigen die Klimasignale, in Kästchen sind Klimawirkungen erster Ordnung[78] (nichtgefärbte Kästchen, zum Beispiel Hochwasser) und zweiter Ordnung zu finden. Die lila markierten Klimawirkungen zweiter Ordnung wurden als potentiell relevante Klimawirkungen für die weitere Analyse ausgewählt; die ausgegrauten Klimawirkungen nicht. Die Auswahl wurde von den Bundesoberbehörden und -instituten des Netzwerks gemeinsam getroffen. Allen Klimawirkungen zweiter Ordnung wurden zudem Indikationsfeldern zugeordnet (schwarze Kästchen), die weitestgehend denen des Monitoringberichts entsprechen.

Für jedes Handlungsfeld wurden von den Bundesoberbehörden und -instituten im Netzwerk Vulnerabilität die für Deutschland potenziell relevanten Klimawirkungen ausgewählt. Als „potenziell relevant“ galt eine Klimawirkung, wenn sie eine soziale, wirtschaftliche, ökologische und kulturelle oder flächenhafte Bedeutung für Deutschland hat. Die potenzielle Relevanz wurde für die Handlungsfelder selbst sowie handlungsfeldübergreifend bewertet. Insgesamt wurden 88 Klimawirkungen von den Oberbehörden als potenziell relevant eingeschätzt (Details siehe Abschlussbericht Netzwerk Vulnerabilität). Bei der weiteren Bearbeitung wurden sehr ähnliche Klimawirkungen zusammengefasst, so dass für 72 Klimawirkungen die Stärke und - soweit möglich - räumliche Verteilung der heutigen und zukünftigen Ausprägungen bestimmt wurde. Um die relevanten Auswirkungen des Klimawandels qualitativ einzuschätzen und – sofern möglich – zu quantifizieren, wurden folgende drei Methoden verwendet:

1. Quantifizierung der Wirkungsketten basierend auf Wirkmodellen

Soweit Wirkmodelle aus wissenschaftlichen Untersuchungen vorlagen, die die komplexen Zusammenhänge zwischen Klimasignal und Auswirkungen des Klimawandels abbilden, wurden deren Ergebnisse genutzt, wenn die Daten in einer entsprechenden räumlichen Auflösung (möglichst Landkreisebene) und deutschlandweit flächendeckend vorlagen. In den Handlungsfeldern „Boden“ und „Forstwirtschaft“ wurden von den Netzwerkpartnern Thünen-Institut für Waldökosysteme und Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) neue Wirkmodelle für einzelne Klimawirkungen entwickelt. Insgesamt flossen in die Quantifizierung

[78] Auswirkungen erster Ordnung sind vor allem Klimawirkungen, wie „Flusshochwasser“ oder „Sturzfluten“, die für das betrachtete Handlungsfeld spezifische Klimawirkungen (zweiter Ordnung) verursachen, etwa „Schäden an Infrastrukturen“. Klimawirkungen 1. Ordnung können in anderen Handlungsfeldern auch als Klimasignal genutzt werden.

von 16 der 72 betrachteten Klimawirkungen[79] Modellergebnisse ein.

2. Indikatorenbasierte Analysen

Wo wissenschaftliche Wirkmodelle bisher nicht verfügbar sind, wurden – soweit möglich – die Klimawirkungen mittels einfacher Indikatoren betrachtet. Dies geschah überwiegend auf der Ebene der Landkreise. Dabei wurden Klimadaten (oder Daten zu Auswirkungen erster Ordnung) mit Sensitivitätsdaten verschnitten[80]. Dazu wurden die Daten auf einer linearen Skala mit acht Klassen eingetragen und normalisiert[81]. Die Normalisierung erlaubt wichtige vergleichende Aussagen über die räumlichen Muster der Klimawirkungen sowie über deren Entwicklung. Bei der Operationalisierung von 23 Klimawirkungen konnten indikatorenbasierte Analysen angewendet werden.

3. Abfragen von Expertenwissen durch Interviews

Gab es weder Modellergebnisse noch verwendbare Indikatoren, wurden pro Handlungsfeld meist drei bis vier Experten befragt. Dies geschah anhand eines Interviewleitfadens (Details siehe Abschlussbericht Netzwerk Vulnerabilität). Interviews mit Experten wurden für die Einschätzung von 40 Klimawirkungen geführt.

Zusätzlich wurden die Experten um eine Aussage gebeten, wie sicher sie sich in ihrer Bewertung sind. Zusammen mit dem Grad der Übereinstimmung der Aussagen unterschiedlicher Experten konnte so die Gewissheit[82] eingeschätzt werden. Auch die Ergebnisse von berechneten Indikatoren können aus verschiedensten Gründen mit Unsicherheit behaftet sein. Quellen von Unsicherheit können auf Ebene des Systemverständnisses, des gewählten Indikators oder Modells und der verwendeten Daten liegen. Die erhobenen Daten weisen dabei in unterschiedlichem Maße und in Bezug auf unterschiedliche Aspekte Unsicherheiten auf. Daher wurden für jede über Modelle oder Indikatoren berechnete Klimawirkung die größten Unsicherheitsfaktoren identifiziert und die Gewissheit abgeleitet (siehe Tabellen 1 bis 14).

Basierend auf der quantitativen bzw. qualitativen Abschätzung der Klimawirkungen beurteilten die Bundesoberbehörden und -institutionen – unter Berücksichtigung sozialer, ökonomischer, ökologischer, kultureller und flächenmäßiger Kriterien – für jede Klimawirkung, ob diese eine geringe, mittlere oder hohe Bedeutung für Deutschland haben kann. Die Beurteilung, wie bedeutend die Klimawirkung für Deutschland ist, erfolgte für die Gegenwart und für die nahe Zukunft für die Szenarien starker und schwacher Wandel. Für die ferne Zukunft wurde ausschließlich auf Basis der Klimamodellergebnisse beurteilt, wie stark sich die Klimasignale, und damit die dadurch beeinflussten Klimawirkungen, zwischen der nahen und fernen Zukunft verändern können.

Ebenfalls durch Experteninterviews wurden die heute abschätzbaren Anpassungskapazitäten ermittelt, die zukünftig dabei helfen können, die Vulnerabilität des Klimawandels zu verringern, wenn sie für die Anpassung eingesetzt werden. Es wurde nicht die Anpassungskapazität pro Klimawirkung sondern die handlungsfeldspezifische Anpassungskapazität eingeschätzt. Diese umfasst die im jeweiligen Handlungsfeld für die Anpassung prinzipiell zur Verfügung stehenden Ressourcen, beispielsweise finanzielle Ausstattung oder technische Optionen, sowie potenziell unterstützende und hinderliche Faktoren, etwa fehlende Kenntnisse über die Auswirkungen des Klimawandels oder ein fehlendes Bewusstsein dafür. Bei der Abschätzung der Anpassungskapazität wurden potentiell verfügbare Ressourcen berücksichtigt, nicht jedoch die tatsächlich vorhandenen wirtschaftlichen und technischen Kapazitäten des Bundes, anderer Institutionen oder einzelner Akteure. Auch ließ sich nur für die nahe Zukunft eine Einschätzung der Anpassungskapazität vornehmen. Die Vulnerabilität eines Handlungsfeldes ergibt sich aus der Zusammenfassung der im Netzwerk durchgeführten

---

79 Einige Klimawirkungen wurden über verschiedene Methoden operationalisiert, sodass die Summe der über Wirkmodelle, Proxyindikatoren und Experteninterviews operationalisierten Klimawirkungen nicht die Anzahl der betrachteten Klimawirkungen ergibt.

80 Beispielsweise wurden im Handlungsfeld auf Landkreisebene „Tourismuswirtschaft“ Übernachtungszahlen mit potenziellen Überschwemmungsflächen durch Flusshochwasser verschnitten. Dazu wurden für jeden Landkreis die normalisierten Klimasignaldaten mit den normalisierten Sensitivitätsdaten multipliziert.

81 Bei einer Normalisierung werden Variablen (hier: Indikatoren) unterschiedlicher Einheiten auf einer dimensionslosen Skala abgebildet, um sie miteinander verschneiden zu können. Im Fall der vorliegenden Analyse erfolgte die Normalisierung über das Min-Max-Verfahren. Das heißt, der niedrigste Wert wurde dem Wert Null und der höchste ursprüngliche Wert dem Wert Eins zugewiesen. Alle anderen Werte der Variablen wurden der Skala zwischen Null und Eins zugeordnet. Dies geschah über die Gegenwart und die nahe Zukunft (schwacher und starker Wandel), sodass ein höherer realer Wert in der Zukunft gegenüber der Gegenwart auch nach der Normalisierung höher ist. Anschließend wurden die normalisierten Werte in acht Klassen geteilt.

82 Als Gewissheit wird in Anlehnung an IPCC (2007) der Grad des Vertrauens in die Ergebnisse bezeichnet.

Bewertung der Bedeutung der Klimawirkungen dieses Handlungsfeldes abzüglich der handlungsfeldspezifischen Anpassungskapazität. Die Aussage zur Vulnerabilität eines Handlungsfeldes beruht daher auf einer sehr starken Zusammenfassung von Bewertungen und Erkenntnissen unterschiedlicher Qualität und ist daher eine eher grobe Abschätzung.

Zusätzlich wurden die Anpassungskapazitäten der Raumordnung und des Bevölkerungsschutzes untersucht. Beim Handlungsfeld Raumordnung konnte gezeigt werden, wie stark die formelle Regionalplanung bereits das Thema „Anpassung an den Klimawandel" berücksichtigt. Es war nicht möglich den Stand beim Bevölkerungsschutz in vergleichbarer Weise darzustellen, da eine entsprechende Datenlage (aufgrund subsidiärer Strukturen und mangels entsprechender Auskunftspflichten) auf Bundesebene nicht verfügbar ist.

Durch eine handlungsfeldübergreifende Auswertung der bedeutenden Klimawirkungen wurden die räumlichen und thematischen Schwerpunkte des Klimawandels bestimmt. Auf Basis einer Analyse der Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Handlungsfeldern wurden sechs Cluster gebildet. Die Wechselbeziehungen bilden Kaskadeneffekte ab, d. h. dass Klimawirkungen in einem Handlungsfeld zu Klimawirkungen in einem anderen Handlungsfeld führen, oder berücksichtigen, dass sich Klimawirkungen in verschiedenen Handlungsfeldern gleichen.

2 Auswirkungen des Klimawandels auf die Handlungsfelder

Die im Rahmen des Netzwerks Vulnerabilität durchgeführte Analyse der Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel umfasst alle 15 Handlungsfelder der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Das Handlungsfeld Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz wurde in Wasserwirtschaft und -haushalt sowie Küsten- und Meeresschutz geteilt.

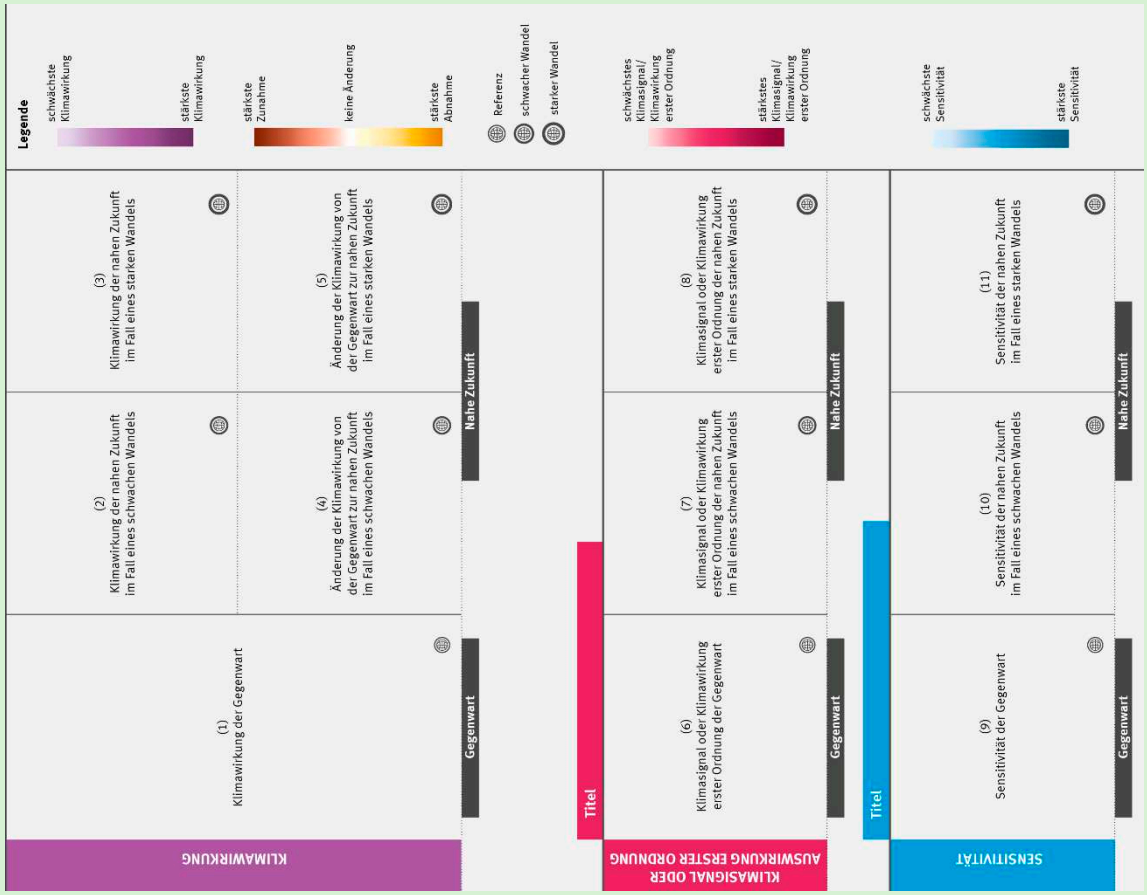
Im folgenden Kapitel werden für jedes Handlungsfeld die Auswirkungen des Klimawandels dargestellt und die Vulnerabilität des Handlungsfeldes hergeleitet.

Die Unterkapitel zu den Handlungsfeldern sind nach folgenden Punkten strukturiert:

- zentrale klimatisch bedingte Ursachen (Klimasignale), die die jeweiligen Klimawirkungen im Handlungsfeld beeinflussen,
- handlungsfeldspezifische Faktoren, die bestimmen, wie stark der Klimawandel die Klimawirkungen im jeweiligen Handlungsfeld beeinflusst (Sensitivität),
- Stärke und - soweit möglich - räumliche Verteilung der heutigen und zukünftigen Ausprägungen der untersuchten Klimawirkungen des Handlungsfeldes,
- Bedeutung der Klimawirkungen für die Gegenwart und Zukunft,
- Anpassungskapazität im Handlungsfeld, also seine Möglichkeiten, mit den Folgen des Klimawandels zukünftig umzugehen, sowie
- Vulnerabilität des Handlungsfeldes in naher Zukunft unter Berücksichtigung der Bedeutung der Klimawirkungen und der Anpassungskapazität.

In jedem Absatz werden die dort dargestellten Klimawirkungen unterstrichen. Für Klimawirkungen, die auf Indikatoren oder Wirkmodellen basieren, werden am Ende jedes Handlungsfeldes ausgewählte Ergebnisse in Kartenform wiedergegeben. Dies vermittelt einen Eindruck der räumlichen Muster der Klimawirkungen. Gleichfalls in Kartenform werden die Klimasignale und die Sensitivität dargestellt (siehe Abbildung 3), um einen Eindruck der Stärke und räumlichen Muster der wichtigsten Einflussfaktoren auf das Gesamtergebnis zu erhalten.

Abbildung 3: Erläuterungen zu den Karten der Klimawirkungen



Die Kartenblätter zu den berechneten Klimawirkungen bestehen in der Regel aus elf Karten: Im oberen Teil des Kartenblattes ist die Klimawirkung dargestellt (Farbe: Lila). Die große Karte links zeigt die **Klimawirkung der Gegenwart/Referenzperiode (1)**. In der Mitte und rechts oben ist die **Klimawirkung der nahen Zukunft im Falle eines schwachen Wandels (2) und eines starken Wandels (3)** abgebildet. Direkt darunter befinden sich Karten, die jeweils die **Änderung der Klimawirkung von der Gegenwart zur nahen Zukunft (4 und 5)** abbilden.

Die Karten im mittleren und unteren Teil des Kartenblattes stellen die Berechnungsgrundlage der Klimawirkung dar. Zunächst wird im mittleren Teil das Klimasignal oder die Klimawirkung erster Ordnung abgebildet (Farbe: Rot). Klimasignale bilden rein klimatische Parameter ab. Sie können aus mehreren Parametern zusammengesetzt sein (zum Beispiel eine Kombination aus heißen Tagen und Tropennächten), dann wurden die Parameter auf einer Skala von null bis eins normalisiert und pro Landkreis additiv zusammengeführt. Klimawirkungen erster Ordnung sind Klimawirkungen anderer Handlungsfelder, die hier als Klimasignal fungieren und auch nichtklimatische Parameter berücksichtigen, etwa Hochwasser. Das **Klimasignal beziehungsweise die Klimawirkung erster Ordnung wird für die Gegenwart (6) und die nahe Zukunft im Fall eines schwachen (7) oder starken (8) Wandels** abgebildet.

Ähnlich verhält es sich mit der Sensitivität. Die Karten dazu sind im unteren Teil des Kartenblattes dargestellt (Farbe: Blau). Auch hier können ein oder mehrere additiv verschnittene Parameter kartiert sein, und es wird zwischen der **Sensitivität der Gegenwart (9) und der nahen Zukunft im Fall eines schwachen (10) oder starken (11) Wandels** unterschieden. Welche Daten als Sensitivität und Klimasignal/Klimawirkung erster Ordnung verwendet wurden, zeigen die Titel über den jeweiligen Karten. Für Klimawirkungen, die über Modelle operationalisiert wurden, werden keine Karten zur Berechnungsgrundlage gezeigt.

Wenn für Sensitivität und Auswirkung erster Ordnung genaue Informationen zu Lage und Ausbreitung (Geodaten) vorlagen, werden diese in den Karten dargestellt. In der Regel werden Sensitivitäten und Klimasignale/Auswirkungen erster Ordnung jedoch normalisiert, das heißt dimensionslos (siehe Kapitel 1), abgebildet. Klimawirkungen wurden immer normalisiert.

Die **Normalisierung** erfolgte jeweils über die Gegenwart und die nahe Zukunft (beide Szenariokombinationen), um die Änderung mit der Zeit darstellen zu können. Alle Klimasignale, Sensitivitäten und Klimawirkungen wurden auf einer achtstufigen Skala abgebildet. Die Klasse mit der dunkelsten Farbe zeigt jeweils die höchste Sensitivität oder Klimawirkung beziehungsweise das stärkste Klimasignal. Die Klasse mit dem hellsten Farbton entspricht dem geringsten Klimasignal beziehungsweise der geringsten Sensitivität und Klimawirkung. Die Änderungskarten weisen Abnahmen und Zunahmen der Klimawirkung zwischen der Gegenwart und der nahen Zukunft in verschiedenen Farben aus. Bei einer Änderung von nur einer Klasse wird keine Änderung angezeigt.

Die Abschnitte zu den Handlungsfeldern werden jeweils von einer Überblickstabelle abgeschlossen. Die Tabellen benennen die einflussreichsten Klimasignale (siehe Tabelle 1) und Sensitivitäten sowie die handlungsfeldspezifische Anpassungskapazität im Tabellenkopf. Sie führen für alle im Handlungsfeld betrachteten Klimawirkungen mit den beeinflussenden Klimasignalen die Ergebnisse der Beurteilung der Bundesoberbehörden und -instituten im Netzwerk Vulnerabilität auf. Die Bedeutung der Klimawirkungen wurde für die Gegenwart und die nahe Zukunft beurteilt (siehe Kapitel 1). Die ergänzenden Angaben zur Stärke und Robustheit der Entwicklung der Klimasignale von der nahen (2021 bis 2050) zur fernen Zukunft (2071 bis 2100) beruhen auf Analysen der Klimaprojektionen (siehe Kapitel D1) und KLIWAS[83].

Tabelle 1: Symbole der Klimasignale und ihre Bedeutung

Symbol	Bedeutung	Symbol	Bedeutung	Symbol	Bedeutung
	Temperatur		Seegang		Schnee
	Niederschlag		Sturmflut		Starkregen
	Extremereignisse		Trockenheit		Flusshochwasser
	CO_2-Konzentration		Globaler Klimawandel		Hitze
	Meeresspiegel-anstieg		Wind		Ozon-konzentration

2.1 Handlungsfeld „Boden“

Viele entscheidende biologische, chemische oder physikalische Prozesse im Boden werden durch das Klima beeinflusst. Der Klimawandel wirkt sich daher unmittelbar auf den Boden aus, beispielsweise auf den Bodenwasserhaushalt, den Bodenstoffhaushalt oder die Bodenerosion. Besonders die Mittel- und Extremwerte von Temperatur und Niederschlag sowie die jährlichen Wetterverläufe sind für viele Prozessabläufe im Boden maßgeblich.

Wichtige Funktionen besitzt der Boden als Lebensraum für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen, als Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen. Darüber hinaus besitzt der Boden als Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung eine zentrale Funktion. Art und Bedeckung der Boden sowie die Bodennutzung beeinflussen entscheidend, wie stark der Klimawandel auf den Boden wirkt.

Als Indikatoren für die Veränderung des Bodenwasserhaushaltes dienen die effektive klimatische Wasserbilanz[84] der Hauptvegetationsperiode und die Sickerwasserrate. Beide Größen sind in Deutschland größtenteils

[83] BMVI Forschungsprogramm „Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt und Entwicklung von Anpassungsoptionen“, Laufzeit 2009 – 2013 (www.kliwas.de)

[84] Die klimatische Wasserbilanz kennzeichnet die Differenz zwischen Niederschlag und potentieller Verdunstung (Evapotranspiration). Die effektive klimatische Wasserbilanz ist Bestandteil der Methode zur Abschätzung des ackerbaulichen Ertragspotentials, bemessen nach dem Müncheberger Soil Quality Rating (SQR). Dabei werden neben rein klimatischen Standorteigenschaften auch bo-

positiv. Allerdings haben sich beide Indikatoren bereits unter den gegenwärtigen Klimaveränderungen verändert, insbesondere im nordostdeutschen Tiefland und in wärmebegünstigten Niederungen. Diese Gebiete weisen bereits heute eine phasenweise negative Wasserbilanz und eine phasenweise geringe bis gänzlich fehlende Grundwasserneubildung auf. Bei einem trockenen Klimaszenario würde sich in der nahen Zukunft dieser Effekt auf Regionen in Rheinland-Pfalz, Hessen und Nordbayern ausweiten. Die stärksten Auswirkungen wären auf Flächen mit sandigen Böden mit einer typisch geringen Wasserspeicherkapazität zu erwarten. Zudem würde das bei einem trockenen Klimaszenario verringerte Wasserdargebot in Mooren den Abbau organischer Substanz und damit die Freisetzung von Treibhausgasen beschleunigen

Die Böden Deutschlands sind bereits gegenwärtig durch Bodenerosion gefährdet. Wasser als Auslöser für Bodenerosion betrifft vor allem Hangbereiche in den deutschen Mittelgebirgen sowie im Alpenvorland (siehe Abbildung 4). Wind hingegen kann besonders die Böden im norddeutschen Tiefland, an den Küsten sowie auf den Kammbereichen der Mittelgebirge beeinträchtigen (siehe Abbildung 5). Die Abbildungen spiegeln diese Klimawirkungen nur undeutlich wieder, da diese Prozesse sehr kleinräumig differenziert stattfinden. In naher Zukunft kann sich die Bodenerosion durch Wasser und Wind bei einem starken Wandel geringfügig verstärken. Hangrutschungen finden in Deutschland – außer in den Alpen und in einigen Gebieten der Mittelgebirge – aufgrund der meist ausreichenden Vegetationsbedeckung - bislang eher selten statt. In naher Zukunft wird eine verstärkte Wassersättigung der Böden im Frühjahr nach der Schneeschmelze erwartet; dies kann in gebirgigen Regionen zu größeren Hangrutschungsgefährdungen führen. Im Hochgebirge werden darüber hinaus durch das Schmelzen der Gletscher Hänge instabil, was ebenso die Gefahr einer Hangrutschung erhöht.

Die organische Substanz in Böden steht in enger Verbindung mit der Qualität und Menge von ober- und unterirdischer Streu. Streu (als Nahrung für Bodentiere und Mikroorganismen), Bodenklima und Substrateigenschaften der Böden bestimmen, wie die organische Substanz durch mikrobielle Aktivitäten oder chemisch verändert wird. Es wird erwartet, dass sich durch den projizierten Anstieg der Lufttemperaturen die an die bodenorganische Substanz gebundenen Prozesse beschleunigen. In naher Zukunft wird der Gehalt an organischer Bodensubstanz daher vor allem dort abnehmen, wo die Bodentemperatur deutlich steigt und gleichzeitig organische Substanz leicht abbaubar vorliegt. Diese Bedingungen treffen zum Beispiel auf sandige, primär humusarme Böden im nordostdeutschen Tiefland zu, andererseits auch auf humusreiche organische Böden in Norddeutschland. Je nach Produktivität der Vegetation und bei ausreichender Bodenfeuchte kann sogar mehr organische Substanz in Böden angereichert werden. Insgesamt betrachtet gilt, dass eine veränderte Bodennutzung eine wesentlich größere Rolle für die organische Bodensubstanz und den Stickstoff- und Phosphorhaushalt spielt, als heutige oder künftige Klimaänderungen.

Aus den hier dargestellten klimatischen Wirkungen ergeben sich Beeinträchtigungen der Produktionsfunktion des Bodens. Diese Funktion ist das Ergebnis vielfältiger Bodeneigenschaften und -prozesse, die von der Temperatur- und Feuchteverhältnissen sowie durch technische und fremdstoffbedingte Einwirkungen in Verbindung mit der Landnutzung gesteuert werden. Aufgrund des potenziell häufigeren und längeren Auftretens sommerlicher Trockenperioden können insbesondere niederschlagsarme Gebiete und Gebiete mit sandigen Böden mit geringer Feuchtespeicherung in naher und insbesondere in ferner Zukunft durch Beeinträchtigungen der Produktionsfunktion des Bodens betroffen sein.

Die bedeutendsten Klimawirkungen

Alle analysierten Klimawirkungen auf den Boden sind bereits in der Gegenwart Realität. Für die nahe Zukunft wurden alle untersuchten klimatischen Auswirkungen bei einem starken Wandel als bedeutsam für Deutschland bewertet. Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt sind bereits heute in einigen Regionen Deutschlands deutlich feststellbar. Beim Szenario „starker Wandel“ kann es in naher Zukunft zu signifikanten Trockenheitseffekten kommen (mittlere bis hohe Gewissheit). Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Bodenaktivität (geringe Gewissheit) sowie die organische Bodensubstanz und den Stoffhaushalt (geringe Gewissheit) werden bereits für die Gegenwart und für die nahe Zukunft angenommen. Erwartet wird, dass sich bei einem weiteren Temperaturanstieg und der damit verbundenen zunehmenden Trockenheit viele Prozesse im Boden bis zum Ende des Jahrhunderts stark ändern.

denkundliche Kennwerte zum Bodenwasserspeicher berücksichtigt. Das bodenkundliche Wasserdargebot setzt sich aus der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum und dem mittleren kapillaren Aufstieg zusammen.

Der Boden ist als Ressource für verschiedene andere Handlungsfelder entscheidend. Er steht insbesondere zu den Handlungsfeldern Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Biologische Vielfalt in enger Wechselwirkung. Ohne Berücksichtigung der Veränderungen in den anderen Handlungsfeldern ist eine allgemeine Einschätzung der Anpassungsfähigkeit des Handlungsfelds Boden schwierig, da die Fähigkeit zur Anpassung auch stark von der Bodennutzung abhängt. Die Anpassungskapazität des Handlungsfelds „Boden“ wird insbesondere mit Blick auf die Bodennutzung als mittel eingestuft.

Vulnerabilität

Unter Berücksichtigung der mittleren Anpassungskapazität ergibt sich für das Handlungsfeld Boden eine mittlere Vulnerabilität für die nahe Zukunft.

Tabelle 2 fasst die Auswirkungen des Klimawandels auf den Boden zusammen.

Abbildung 4: Klimawirkung „Bodenerosion durch Wasser“ basierend auf Modellergebnissen zu „Potenzielle Erosionsgefährdung der Ackerböden durch Wasser“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)

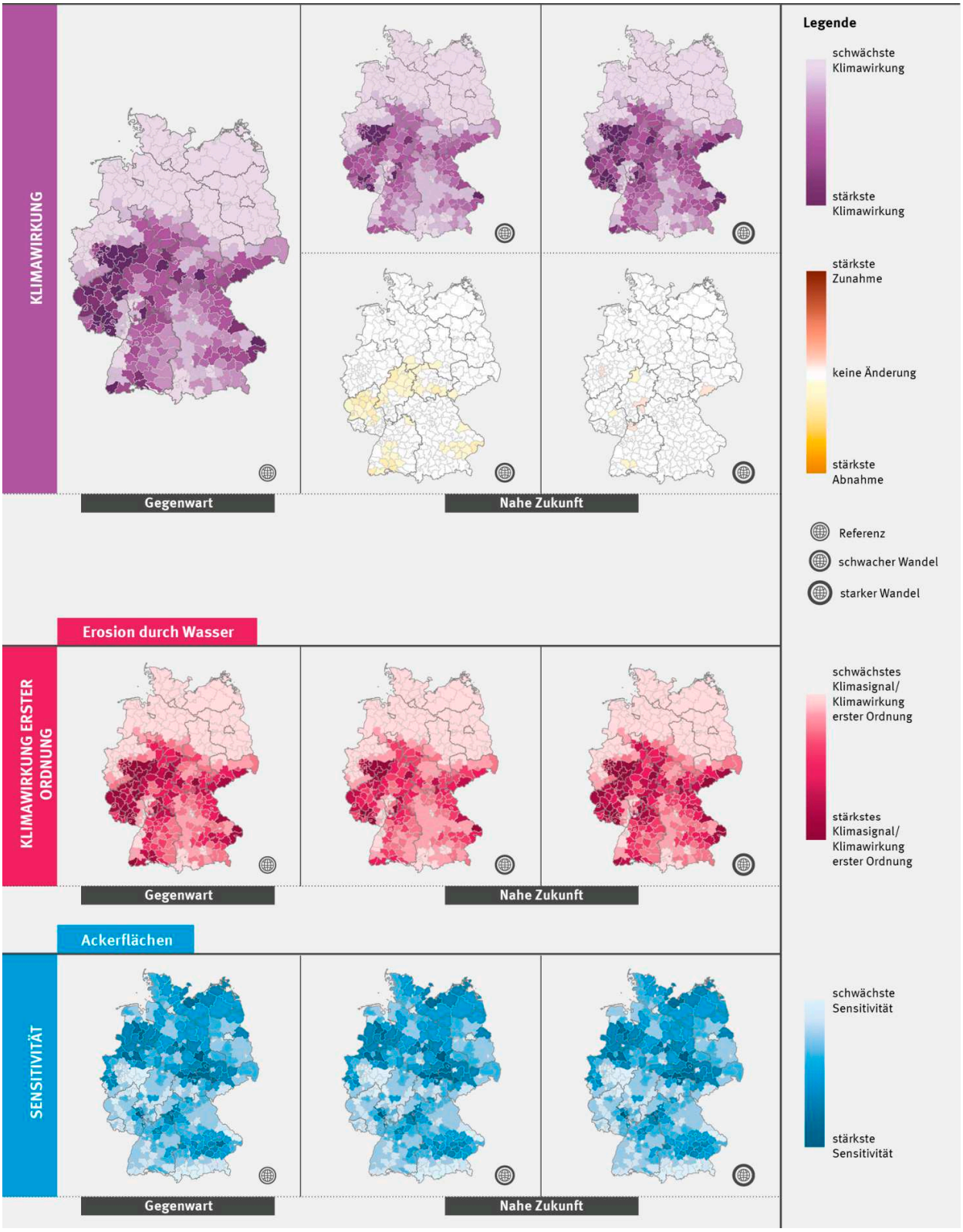


Abbildung 5: Klimawirkung „Bodenerosion durch Wind“ basierend auf Modellergebnissen zu „Potenzielle Erosionsgefährdung der Ackerböden durch Wind“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)

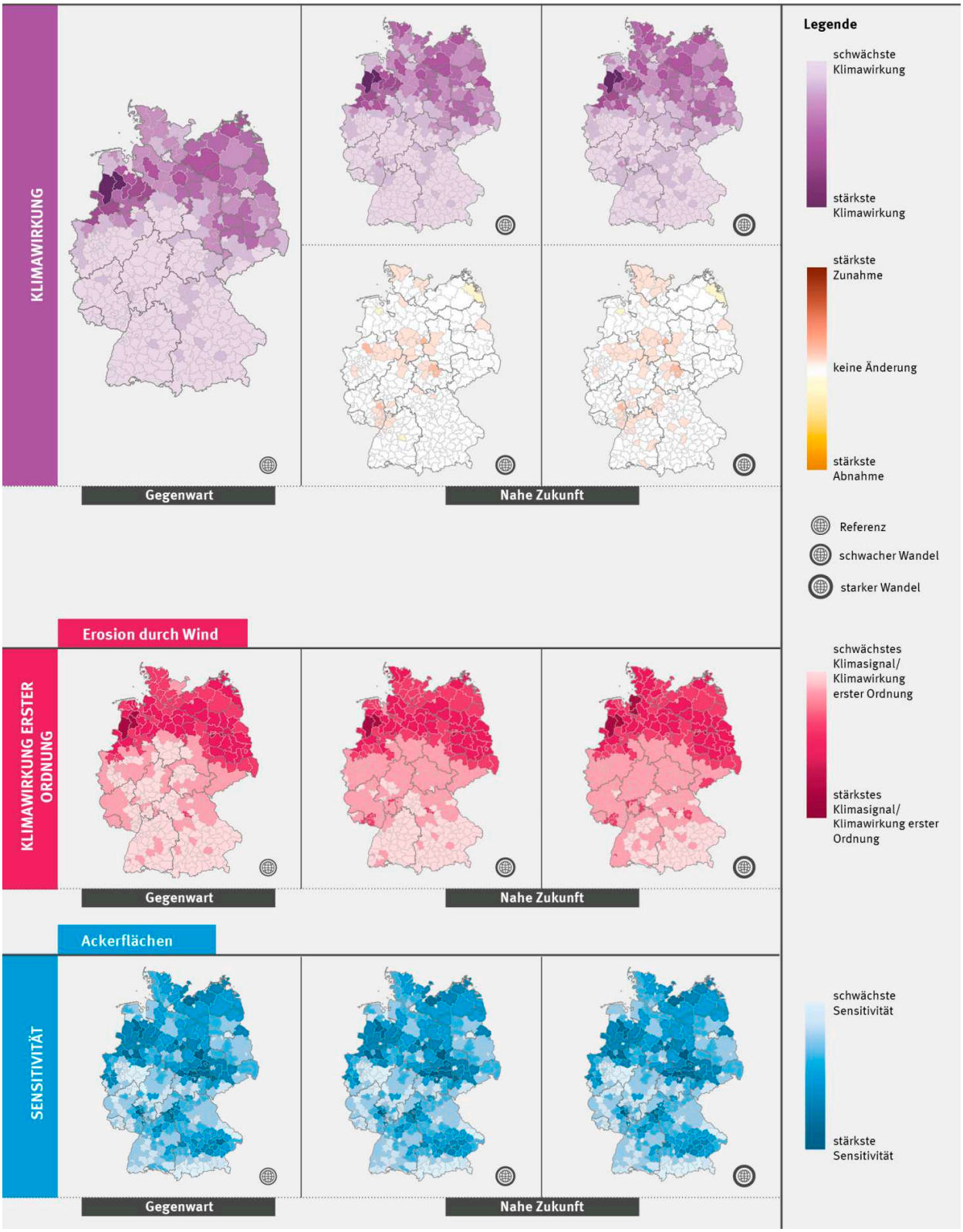


Tabelle 2: Klimawirkungen im Handlungsfeld „Boden“

Boden					
Zentrale Klimasignale:	Temperatur	Trockenheit	Niederschlag	Extremereignisse	
Zentrale Sensitivitäten:	Bodenart und Bodenstruktur, Bodenbedeckung und -nutzung, Bodenfeuchte und Hangneigung				
Handlungsfeldspezifische Anpassungskapazität:	mittel				

Klimawirkung	**Klimasignale**	**Bedeutung**		**Gewissheit / Analysemethode**
Bodenerosion durch Wasser und Wind, Hangrutschung	Niederschlag, Starkregen, Sturzfluten Starkwind, Trockenheit, Hitze	Gegenwart		Mittel bis hoch / Wirkmodell und Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~ bis ++		
Bodenwassergehalt, Sickerwasser	Niederschlag, Temperatur, Trockenheit	Gegenwart		Mittel bis hoch / Wirkmodell
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Produktionsfunktionen (Standortstabilität, Bodenfruchtbarkeit)	Niederschlag, Temperatur, Trockenheit, Wind	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~ bis ++		
Boden-Biodiversität, mikrobielle Aktivität	Niederschlag, Temperatur, Trockenheit	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Organische Bodensubstanz, Stickstoff- und Phosphor-Haushalt, Stoffausträge	Niederschlag, Temperatur	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		

Legende

Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland:

- gering
- mittel
- hoch

Entwicklung der Klimasignale bis zum Ende des Jahrhunderts (ferne Zukunft):

- ++ starke Änderung
- \+ Änderung
- ~ ungewiss

2.2 Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“

Änderungen bei Temperatur und Niederschlag sowie die Zunahme extremer Wetterereignisse, sowie die Veränderung der Wachstumsperiode wirken direkt auf die abiotischen Lebensbedingungen von Flora und Fauna. Sie beeinflussen grundlegende Prozesse, wie etwa Phänologie (Flora), Verhalten (Fauna), Habitatansprüche, Fortpflanzung, Konkurrenzfähigkeit sowie Nahrungsbeziehungen. Dies wiederum hat Folgen für alle Ebenen der Biodiversität: erstens Vielfalt der Ökosysteme (dazu gehören Lebensgemeinschaften, Lebensräume und Landschaften), zweitens die Vielfalt von Arten und Populationen und drittens die genetische Vielfalt innerhalb der Arten.

Je nach Habitatanspruch und Anforderungen der Arten, wirkt sich der Klimawandel sehr unterschiedlich auf die einzelnen Arten bzw. Artengruppen aus. Jene, die in Deutschland ihre südliche Verbreitungsgrenze haben, werden voraussichtlich stärker betroffen sein, ebenso wie Arten mit besonderen Ansprüchen an Habitate (beispielsweise Amphibien, montane/alpine Arten, Singvögel). Neben dem Klimawandel wirken zahlreiche weitere Faktoren wie Landnutzung, speziell intensive Formen der Landbewirtschaftung, Fragmentierung der Landschaft durch Verkehrswege und Siedlungsflächen, Eutrophierung, Lebensraumverlust etc. auf die Biodiversität ein.

Invasive[85]Arten verändern und beeinträchtigen viele naturnahe Ökosysteme. Zudem stehen sie in Konkurrenz zu Arten, die natürlich in Mitteleuropa vorkommen. Aktuell ergeben sich in einer Modellstudie[86] für 30 ausgewählte invasive Arten beziehungsweise potenziell invasive Arten vor allem Schwerpunktgebiete in den großen Ballungsgebieten, im mitteldeutschen Trockengebiet und im Vorland des Erzgebirges. In naher Zukunft ist damit zu rechnen, dass sich invasive Arten verstärkt etablieren und ausbreiten (siehe Abbildung 6). Dies wiederum korreliert erkennbar mit dem Temperaturanstieg. Somit kann die Ausbreitung gegen Ende des Jahrhunderts mit steigender Temperatur erheblich zunehmen.

Wahrscheinlich ist weiterhin, dass sich – im Zuge des Klimawandels – die klimatische Komponente der Areale von Arten verschieben. Durch diese Verschiebung kann es, je nach klimatischen Ansprüchen einer Art sowohl zu einer Verkleinerung der Areale wie auch zu einer Ausdehnung der Areale kommen. Bezogen auf Gefäßpflanzenarten finden sich artenreichere Gegenden derzeit vor allem in den Alpen, im Alpenvorland, in den süddeutschen und zentralen Mittelgebirgen sowie im Erzgebirge. In naher Zukunft kann es durch die Verschiebung von Arealen lokal zu Artenverlusten von heute dort auftretenden Arten kommen, wie in Ostdeutschland und im Rheintal. Zugleich ist es möglich, dass als Folge des Klimawandels sich bisher nicht in einer Raumeinheit vorkommende Arten neu ansiedeln können. Dies gilt insbesondere für Süddeutschland und die zentralen Mittelgebirgsregionen. Da die Verschiebung der Areale von Arten maßgeblich durch die Temperatur bestimmt wird, ist anzunehmen, dass sich gegen Ende des Jahrhunderts der Artenumbau deutlich fortsetzt. Bei einem starken Wandel in ferner Zukunft würde der durchschnittliche Artenverlust stark steigen, wie Modellrechnungen zeigen.

Die Klimawirkung auf Biotope und Habitate kann im Falle einer starken Erwärmung verbunden mit einem Rückgang der Sommerniederschläge zu einer Beeinträchtigung von wassergebunden Biotopen führen. Hier sind vor allem kleinere Biotope, wie Moore, Tümpel und kleine Fließgewässer, mit geringem Pufferpotential betroffen. Indirekt können Biotope und Habitate stark durch eine Intensivierung der Landnutzung beeinträchtigt werden, die insbesondere durch den Anbau von Energiepflanzen im Zuge von Klimaanpassungsmaßnahmen stattfindet.

Als Ökosystemleistungen gelten direkte und indirekte Beiträge der Ökosysteme für das wirtschaftliche, materielle, gesundheitliche oder psychische menschliche Wohlergehen. Derzeit sowie bei einem schwachen Wandel bis zur Mitte des Jahrhunderts dürften die meisten Ökosystemleistungen nur gering vom Klimawandel betroffen sein. Auch wenn einzelne Arten gefährdet sind und es zu Artenverschiebungen kommen kann, bleiben die wichtigsten Ökosystemleistungen wahrscheinlich weiter gewährleistet. Stärker betroffen können Ökosystemleistungen mit engem Bezug zu Wasser und Boden, wie die wasserregulierende Funktion oder die CO_2-Senkenfunktion von Mooren (Pufferfunktion), sein. Bei einem starken Wandel bis zur Mitte des Jahrhunderts

---

[85] Invasive Arten sind gebietsfremde Tier- oder Pflanzenarten, die unerwünschte Auswirkungen auf andere Arten, Lebensgemeinschaften oder Biotope haben und auch oft ökonomische oder gesundheitliche Probleme verursachen (Quelle: Bundesamt für Naturschutz 2015).

[86] Kleinbauer, Ingrid; Dullinger, Stefan; Klingenstein, Stefan; May, Rudolf; Nehring, Stefan; Essl, Franz (2010): BfN Skript 275: Ausbreitungspotenzial ausgewählter neophytischer Gefäßpflanzen unter Klimawandel in Deutschland und Österreich. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

sowie in ferner Zukunft kann die Veränderung von Ökosystemleistungen insgesamt an Bedeutung zunehmen. Zum Beispiel leisten intakte Auengebiete als Ökosysteme im Hochwasserschutz wichtige Dienste. Insgesamt sind räumliche Schwerpunkte nicht spezifizierbar.

Die bedeutendsten Klimawirkungen

Bei einem starken Wandel können sich invasive Arten mit erheblichen negativen Folgen für natürlich vorkommende Arten und Ökosysteme bereits in naher Zukunft stärker als bisher ausbreiten (mittlere bis hohe Gewissheit). Den anderen ausgewählten Klimawirkungen auf die biologische Vielfalt wird eine mittlere Bedeutung für Deutschland für die nahe Zukunft bei einem starken Wandel beigemessen. Alle Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt können sich in der fernen Zukunft insbesondere durch einen weiteren Anstieg der Temperatur erheblich verstärken.

Die Möglichkeiten der Menschen, auf die natürliche Anpassung Einfluss zu nehmen, werden im Bereich invasiver Arten und Verschiebung von Arealen als eher gering eingeschätzt. Biotopvernetzung und die Schaffung sowie das angepasste Management von Schutzgebieten als Kernflächen des Biotopverbundes sind wichtige Instrumente für den Erhalt der Biologischen Vielfalt gerade auch unter sich wandelnden Klimabedingungen; weitere Anstrengungen sind aber notwendig, um den Artenwandel aufzuhalten. Zugleich erschweren Zielkonflikte etwa mit der Landwirtschaft oder der Verkehrsplanung das Einleiten wirksamer Anpassungsmaßnahmen. Bei den Ökosystemleistungen werden dagegen die Möglichkeiten, die natürliche Anpassung an den Klimawandel durch Maßnahmen zu unterstützen, als mittel bis hoch eingeschätzt.

Vulnerabilität

Aufgrund der sehr unterschiedlichen Anpassungskapazität ergibt sich im Hinblick auf die Ausbreitung invasiver Arten sowie auf die Verschiebung der Vorkommen von Lebensräumen und Arten eine hohe bis mittlere Vulnerabilität. Dagegen besteht bezüglich der Veränderung von Ökosystemleistungen eine geringere bis mittlere Vulnerabilität in naher Zukunft.

Tabelle 3 fasst die Auswirkungen des Klimawandels auf das Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ zusammen.

Abbildung 6: Klimawirkung „Ausbreitung invasiver Arten“ basierend auf Modellergebnissen für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)

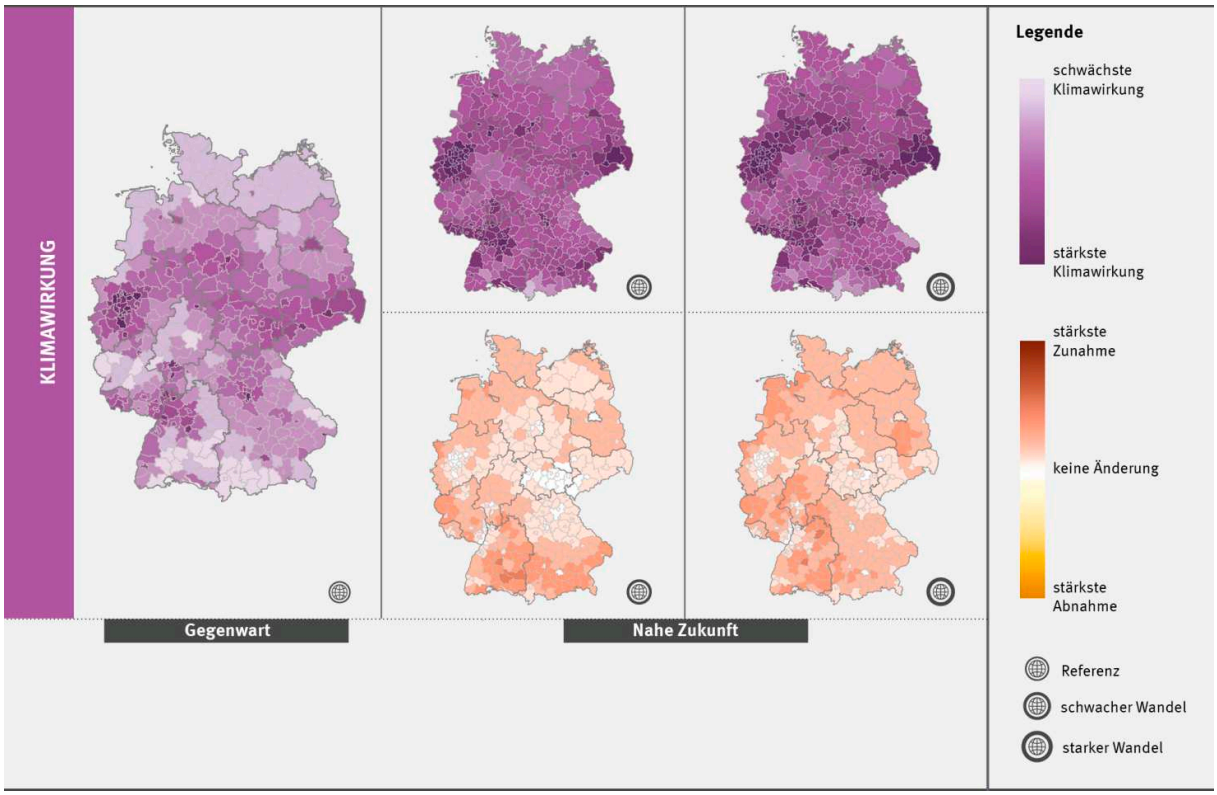


Tabelle 3: Klimawirkungen im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“

Biologische Vielfalt			
Zentrale Klimasignale:	Temperatur	Niederschlag	
Zentrale Sensitivitäten:	Sensitivität einzelner Arten gegenüber dem Klimawandel (besonders kritisch: Arten, die in Deutschland ihre südliche Verbreitungsgrenze haben); Ballungsregionen (für invasive Arten)		
Handlungsfeldspezifische Anpassungskapazität:	Gering bis mittel		

Klimawirkung	**Klimasignale**	**Bedeutung**		**Gewissheit/ Analysemethode**
Ausbreitung invasiver Arten	Temperatur	Gegenwart		Mittel bis hoch / Wirkmodell
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Areale von Arten	Niederschlag, Temperatur	Gegenwart		Mittel bis hoch / Wirkmodell
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Ökosystemleistungen	Niederschlag, Temperatur	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Biotope und Habitate	Niederschlag, Temperatur, Trockenheit	Gegenwart		Mittel bis hoch / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		

Legende

Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland:
- gering
- mittel
- hoch

Entwicklung der Klimasignale bis zum Ende des Jahrhunderts (ferne Zukunft):
- ++ starke Änderung
- \+ Änderung
- ~ ungewiss

2.3 Handlungsfeld „Landwirtschaft“

Temperatur und Niederschlag sind klimatische Faktoren mit zentraler Bedeutung für die Landwirtschaft. Schon graduelle Veränderungen, aber auch extreme Wetterereignisse wie Hitzewellen oder Starkregen, können zu Veränderungen in der landwirtschaftlichen Produktion führen und die Menge und Qualität landwirtschaftlicher Erträge beeinflussen, beispielsweise durch Veränderungen der Agrophänologie oder das Auftreten von Trocken-, Hitze- und Frostschäden. Der kontinuierliche Anstieg der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre bringt zum Teil einen „düngenden“ Effekt auf die Pflanzenproduktion mit sich. Extreme Wetterereignisse können auch die Tiergesundheit beeinträchtigen.

Vor allem die angebauten Fruchtarten sowie die Beschaffenheit der Böden (Pedosphäre) bestimmen, wie stark der Klimawandel auf die Landwirtschaft wirkt. Die grobe räumliche Betroffenheit lässt sich durch den Anteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen in den jeweiligen Regionen abschätzen.

Eine bedeutende Klimawirkung im Handlungsfeld „Landwirtschaft“ ist die Verschiebung der agrophänologischen Phasen[87] (siehe Abbildung 7). Bereits heute haben steigende Durchschnittstemperaturen dazu geführt, dass die Wachstumsperiode vieler Nutzpflanzen früher beginnt und teilweise auch später endet. Bei einem schwachen Wandel ist in naher Zukunft insbesondere im Rheintal sowie im Südwesten Deutschlands ein noch früherer Vegetationsbeginn zu erwarten. Im Falle eines starken Wandels kann sich dieser Effekt auch auf Teile Bayerns ausweiten, die sich vergleichsweise stark erwärmen. Die zum Ende des Jahrhunderts prognostizierte Erwärmung kann dazu führen, dass sich die Wachstumsperioden noch weiter verlängern. Einige Kulturpflanzenarten (z. B. Zuckerrüben) sowie Grünland profitieren von längeren Wachstumsperioden, d. h. für die Landwirtschaft ist dies ein positiver Effekt. Allerdings kann sich durch die Verschiebung und Verlängerung der Wachstumsperiode auch die Gefahr von Frostschäden erhöhen, sowie die Qualität bestimmter Fruchtarten beeinträchtig sein.

Bislang beobachtete Schwankungen der landwirtschaftlichen Erträge beruhen im Wesentlichen auf klimatischen Einflüssen, wie etwa jährlich variierenden mittleren Temperaturen in den Hauptwachstumszeiten sowie Hitze- und Trockenperioden. Diese dürften sich im Zuge des Klimawandels weiter verstärken. Dabei zeigen sich deutliche regionale Unterschiede. So sind bisher beobachtete Ertragsschwankungen im Osten höher als im Westen Deutschlands. Ursache dafür ist die stärkere Reaktion auf Jahre mit wenig Niederschlag aufgrund der leichten, sandigen Böden im Osten, in Verbindung mit einem schon heute eher trockenen Klima.

Ob sich bei moderaten Temperaturerhöhungen die Wachstumsbedingungen verbessern, hängt von der ausreichenden Wasserverfügbarkeit während der Vegetationsperiode ab. Steht nicht genügend Wasser zur Verfügung, können sich die Wachstumsbedingungen auch insgesamt verschlechtern. Bei Getreidearten, deren Entwicklung durch Temperatursummen bestimmt wird, kann eine Temperaturerhöhung zu einer Entwicklungsbeschleunigung führen, die die Kornfüllung beeinträchtigt und dadurch zu Ertragsverlusten führt. Bei den in Deutschland wichtigsten Nutzpflanzenarten, Silomais und Winterweizen, ist laut Modellergebnissen davon auszugehen, dass die Erträge konstant bleiben bzw. leicht zurückgehen können. Unter Annahme eines starken Wandels kann es zu Produktionsrückgängen in Nord- und Ostdeutschland kommen. Allerdings kann der Klimawandel für andere Sorten, etwa Körnermais, auch Erntegewinne mit sich bringen. Im Ausmaß ihrer Wirkung schwer einzuschätzen ist dabei die Wirkung des höheren CO_2-Gehaltes der Umgebungsluft. Zwar fördert ein höherer CO_2-Gehalt potenziell die Photosynthese, die Effizienz der Wassernutzung und damit den Zuwachs an Biomasse. In Abhängigkeit der Fruchtart und anderen Faktoren (Wasser- und Nährstoffversorgung) führt das aber nicht automatisch zu höheren Erträgen.

Trocken- und Hitzeschäden an derzeitig in Deutschland genutzten Arten betreffen vor allem nicht bewässerte Sommerkulturen mit Ertragsoptimum bei eher moderaten Temperaturen, wie Sommergetreide oder Zuckerrüben. Diese sind in der Gegenwart und der nahen Zukunft vor allem im Rheintal sowie in Ostdeutschland zu erwarten. Bei einem starken Wandel nimmt die Wahrscheinlichkeit von Hitzeschäden vor allem im Süden Deutschlands zu. Schäden durch Wechselfröste lassen sich heute und in der Mitte des Jahrhunderts bei schwachem Wandel vor allem im Alpenvorland und in Süddeutschland beobachten, würden bei einem starken Wandel aber deutschlandweit abnehmen.

Mildere Winter würden außerdem dazu beitragen, dass sich viele Schadorganismen stärker vermehren, ausbreiten und/oder mehrere Generationen ausbilden können und so die Wahrscheinlichkeit von Schäden durch Schädlingsbefall zunehmen kann. Auf der anderen Seite dürften sich auch die Bedingungen für Nützlinge verbessern. Wie ein neues Gleichgewicht zwischen Schädlingen und Nützlingen aussehen kann, ist weitgehend unbekannt.

Schäden durch Extremereignisse, wie Hagelstürme, sind für die landwirtschaftliche Produktion ebenfalls relevant. Häufen sich Schäden durch extreme Wetterereignisse, kann dies den hiesigen Agrarsektor belasten. Eindeutige Aussagen zu aktuellen oder zukünftigen Trends der Häufigkeit und Intensität solcher Ereignisse lassen sich jedoch nicht treffen.

---

[87] Agrophänologische Phasen bezeichnen die phänologischen Phasen von Agrarpflanzen. Phänologische Phasen sind hervorstechende Wachstumsstufen, zum Beispiel der Beginn der Blüte.

Die bedeutendsten Klimawirkungen

Die Verschiebung der agrophänologischen Phasen und der Wachstumsperiode, mit teilweise positiven Effekten für die Landwirtschaft, ist bereits gegenwärtig bedeutsam für die landwirtschaftliche Praxis und wird voraussichtlich in naher und insbesondere in ferner Zukunft noch an Bedeutung gewinnen (mittlere bis hohe Gewissheit). Insgesamt sind negative Folgen des Klimawandels für die Landwirtschaft in Deutschland vor allem bei einem starken Wandel in naher Zukunft deutlich zu erkennen.

Der Agrarsektor in Deutschland ist insgesamt in der Lage, die künftigen klimabedingten Herausforderungen zu bewältigen. Für alle Klimaregionen sind geeignete Managementmaßnahmen (z. B. Bodenbearbeitung; Fruchtfolgegestaltung) vorhanden und es werden fortlaufend neue Sorten zur Verfügung gestellt. Da außerdem die Bewirtschaftungszeiträume in der Landwirtschaft meist kurz sind, kann sie voraussichtlich gut und auch kurzfristig auf veränderte Bedingungen reagieren. Allerdings gibt es möglicherweise auch Problemfelder. So können etwa in Teilen der Landwirtschaft die finanziellen Ressourcen fehlen, wobei Kredite hier eine Lösungsfunktion übernehmen können; teilweise fehlen auch die rechtlichen Rahmenbedingungen, um sich durch umfangreichere technische Maßnahmen (etwa Bewässerung) anzupassen.

Vulnerabilität

Für einige Regionen Deutschlands ergeben sich aus den mittelfristig moderaten Veränderungen des Klimas auch Chancen für positive Effekte auf die Pflanzenproduktion. In Kombination mit einer insgesamt guten Fähigkeit zur Anpassung an klimatische Veränderungen und deren Folgen ist die Vulnerabilität der Landwirtschaft daher als gering anzusehen.

Eine Übersicht über die Auswirkungen des Klimawandels auf das Handlungsfeld „Landwirtschaft“ bietet Tabelle 4. Bei den Klimawirkungen Agrophänologische Phase und Wachstumsperiode sowie Ertrag können Klimaänderungen auch zu höheren Erträgen führen.

Abbildung 7: Klimawirkung „Agrophänologischer Phasen“ basierend auf einem Wirkmodell für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)

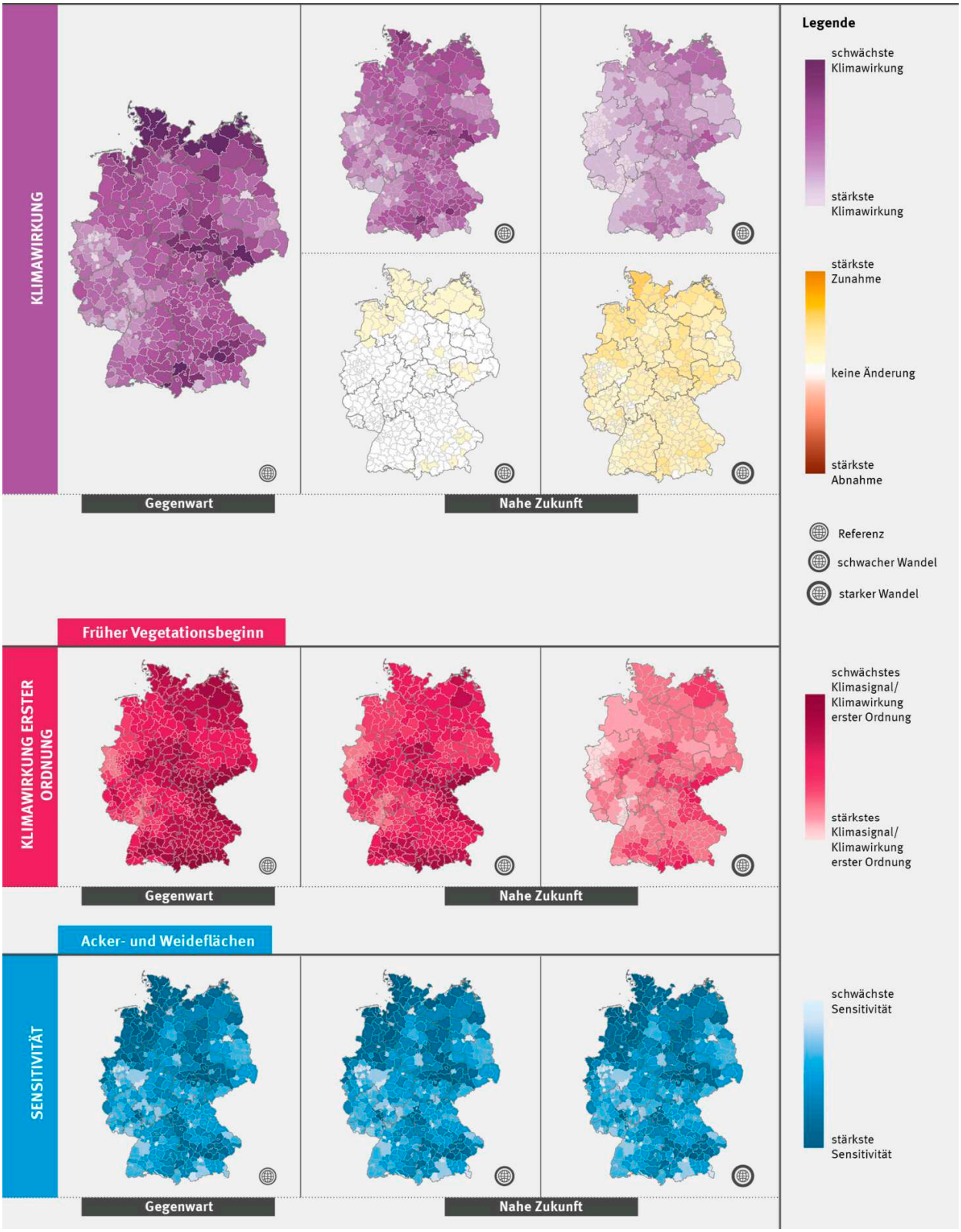


Tabelle 4: Klimawirkungen im Handlungsfeld „Landwirtschaft“

Landwirtschaft					
Zentrale Klimasignale:	Temperatur	Trockenheit	Niederschlag	Extremereignisse	
Zentrale Sensitivitäten:	Fruchtarten (nicht bewässerte Sommerkulturen haben eine hohe Sensitivität), Bodenart (weniger fruchtbare, sandige Böden haben eine hohe Sensitivität)				
Handlungsfeldspezifische Anpassungskapazität:	hoch				
Klimawirkung	**Klimasignale**	**Bedeutung**			**Gewissheit/ Analysemethode**
Agrophänologische Phasen und Wachstumsperiode	Temperatur	Gegenwart			Mittel bis hoch / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel		
		Ferne Zukunft: ++			
Ertrag	CO_2-Gehalt der Luft, Niederschlag, Temperatur	Gegenwart			Gering / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel		
		Ferne Zukunft: ++			
Trocken- und Frostschäden	Frost, Hitze, Trockenheit	Gegenwart			Mittel bis hoch / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel		
		Ferne Zukunft: + bis ++			
Schädlinge und Pflanzengesundheit	Niederschlag, Temperatur, Trockenheit	Gegenwart			Mittel bis hoch / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel		
		Ferne Zukunft: ++			
Schäden durch Extreme	Hagel, Starkregen, Starkwind	Gegenwart			Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel		
		Ferne Zukunft: ~ bis +			

Legende

Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland:

- gering
- mittel
- hoch

Entwicklung der Klimasignale bis zum Ende des Jahrhunderts (ferne Zukunft):

++ starke Änderung

\+ Änderung

~ ungewiss

2.4 Handlungsfeld „Wald- und Forstwirtschaft“

Die Wald- und Forstwirtschaft ist eng mit dem Wasser- und Nährstoffangebot der Böden verbunden. Die klimatischen und standörtlichen Bedingungen bestimmen das Spektrum möglicher Baumarten und deren Ertragspotenzial. Extremwetterereignisse wie Sturm können Wälder dauerhaft schädigen. Hitzewellen und Trockenheit können das Auftreten von Hitze- und Trockenstress, sowie von Waldbränden beeinflussen. Zudem kann der Temperaturanstieg dazu führen, dass sich die Baumartenareale nach Norden und in höhere Lagen verschieben. Das Auftreten von Schadorganismen, wie Borkenkäfern und Pilzkrankheiten, wird maßgeblich durch den Verlauf von Temperatur und Niederschlägen sowie der Länge der Vegetationsperiode bestimmt. Es ist für das Handlungsfeld „Wald- und Forstwirtschaft“ eine besonders bedeutende Klimawirkung.

Die Standorteigenschaften, das Alter der Bäume und die Artenzusammensetzung beeinflussen entscheidend, wie stark der Klimawandel auf die Wald- und Forstwirtschaft wirkt. Für das Waldbrandrisiko spielen zudem die Bodenart und der Unterwuchs eine zentrale Rolle. Baumhöhen und Bestandsdichte sind wichtige Faktoren für potenzielle Schäden durch Wetterextreme. Unterschiedliche Einflüsse können sich gegenseitig verstärken. Eventuelle Vorbelastungen – etwa durch Trockenheit – haben bedeutendes Gewicht für Beeinträchtigungen durch Schadorganismen.

Schon heute zeigt sich klar, dass der Osten Deutschlands – besonders das südliche Brandenburg und das nördliche Sachsen – ein erhöhtes Waldbrandrisiko aufweist. Dieses ist besonders hoch in Kiefernwäldern. Eine entscheidende Rolle spielt die Kombination aus warmen, trockenen Sommern, sandigen Böden mit geringer Wasserrückhaltefähigkeit und einer entsprechend trockenen Streuauflage. Die Tage mit erhöhtem Waldbrandrisiko können bei einem starken Wandel bis zur Mitte des Jahrhunderts bundesweit um bis zu 50 Prozent zunehmen. Weitere betroffene Gebiete mit erhöhtem Waldbrandrisiko wären zusätzlich der Osten Niedersachsens, der Teile Sachsen-Anhalts, Teile von Rheinland-Pfalz sowie das Rheintal (siehe Abbildung 8).

Für Schäden durch Hitze- und Trockenstress sind besonders Trockenzeiten im Frühling kritisch, da für die Fruchtbildung ein hoher Wasserbedarf besteht, sowie im Sommer bei voller Belaubung bzw. Benadelung der Bäume und maximaler Transpirationsoberfläche. Am stärksten sind davon die Baumarten Buche und Fichte betroffen. Derzeit spielen Hitze- und Trockenstress für die gesunde Entwicklung der Wälder noch eine eher geringe Rolle. Es gibt lediglich Einzeljahre, die problematisch sind. Davon erholt sich der Wald jedoch rasch. Nur bei einem starken Wandel würden die Schäden deutlich zunehmen. Die regionalen Schwerpunkte für Schäden durch Hitze- und Trockenstress liegen im Südwesten und Osten Deutschlands.

Da die Temperatur das Waldbrandrisiko sowie den Hitze- und Trockenstress maßgeblich beeinflusst, dürfte dieses Risiko in ferner Zukunft weiter wachsen. Verstärkt wird dieses durch vermutlich abnehmende Sommerniederschläge.

Die Auswirkungen von Trockenheit deutscher Wälder auf die Nutzfunktion, wie die Erlöse aus der Holznutzung, zeigen sich in Berechnungen zur Veränderung der effektiven Wasserbilanz einzelner Baumarten. Für die Fichte kann die Wasserverfügbarkeit großräumig nicht mehr ausreichend sein, um gute Wachstumsbedingungen zu haben. Nur die Alpen und das Alpenvorland, der Schwarzwald und die höheren Lagen der Mittelgebirge würden nach dieser Berechnung noch günstige Bedingungen für die Fichte aufweisen. Auch der Großteil der Kiefer-Standorte würde in naher Zukunft als zu trocken gelten. Günstig würden die Bedingungen nur im Osten Bayerns, im Schwarzwald und im Harz bleiben. Mit am stärksten wäre die Buche betroffen. Hier können die Standorte entlang einer Achse von Rheinland-Pfalz über Hessen bis hin nach Ostdeutschland großflächig trocken oder sehr trocken werden (vor allem im Fall eines starken Wandels).

Schäden durch Schadorganismen können sowohl durch Schädlinge hervorgerufen werden, deren Ausbreitung vor allem an Vernässung und hohe Luftfeuchtigkeit gebunden ist (Pilzkrankheiten), als auch Schädlinge wie Insekten (Borkenkäfer), deren Ausbreitung eng mit der Temperaturerwärmung zusammenhängt. Bei einem starken Wandel ist in naher Zukunft mit einem potenziell deutlich früheren Borkenkäferbefall (5 bis12 Tage) zu rechnen. Auch Schäden durch Pilze (Wurzel- und Stammerkrankungen) können bei Laubbäumen zunehmen. Die räumlichen Schwerpunkte liegen in der Gegenwart und bei einem schwachen Wandel in naher Zukunft im Südwesten (Oberrheingraben), in Ostdeutschland (südliches Brandenburg, nördliches Sachsen) und im Osten Bayerns. Bei einem starken Wandel können weite Teile Deutschlands mit Ausnahme der höheren Mittelgebirge und Norddeutschlands von einer Zunahme des Befalls betroffen sein.

Schäden des Waldbestands durch Extremwetterereignisse werden vor allem durch Starkwind hervorgerufen. Die Anfälligkeit gegenüber Sturmschäden wird darüber hinaus auch durch den Aufbau und die Zusammensetzung des Waldbestandes beeinflusst. Die Schäden fallen bereits in der Gegenwart zum Teil deutlich aus. Für die nahe Zukunft sind die Klimaprojektionen bezüglich Starkwinds sehr unsicher. Räumliche Schwerpunkte

sind in der Gegenwart und vermutlich auch in naher Zukunft die Mittelgebirge und das Alpenvorland. Unter den Baumarten sind Fichtenreinbestände besonders von Schäden durch Extremwetterereignisse betroffen.

Die Temperaturerwärmung kann zu einer Veränderung der Baumartenzusammensetzung führen. Regionale Schwerpunkte sind sehr schwer abzuschätzen, da kleinräumige lokale Standortbedingungen und die Bewirtschaftung die Auswirkungen stark modifizieren können. Unter den Baumarten ist besonders die Fichte, aber auch die Buche betroffen. Baumarten wie Eiche und Tanne weisen eine geringere Empfindlichkeit gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels auf. Während in der Gegenwart nur eine geringe Betroffenheit festzustellen ist, kann die Veränderung der Baumartenzusammensetzung, vor allem bei einem starken Wandel, deutlich zunehmen.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Schutzfunktion der Wälder (Schutz vor Naturgefahren und Klimaschutz durch Kohlenstoffspeicherfähigkeit) sind in der Gegenwart und bei einem schwachen Wandel in naher Zukunft eher gering ausgeprägt, können bei einem starken Wandel allerdings zunehmen. Geschädigte Waldbestände können eine geringere Schutzfunktion gegenüber Naturgefahren bieten und die Kohlenstoffspeicherfunktion kann bei Schädigungen zurückgehen. Die räumlichen Schwerpunkte liegen für Naturgefahren in den Mittelgebirgen und im Alpenraum, bei der Kohlenstoffspeicherfunktion vor allem im Osten Deutschlands.

Die bedeutendsten Klimawirkungen

Für die Wald- und Forstwirtschaft lässt sich festhalten, dass bei einem starken Klimawandel in naher Zukunft alle betrachteten Funktionen und Prozesse deutlich unter dem Klimawandel leiden können. Da viele Klimawirkungen temperaturbeeinflusst sind, kann das Schadenspotential bis Ende des Jahrhunderts nochmals deutlich ansteigen. Dies betrifft insbesondere Nutzfunktionen, wie die Erlöse aus der Holznutzung, die bei einem starken Wandel erheblich zurückgehen können (mittlere bis hohe Gewissheit). Schäden durch Schadorganismen sind bereits heute mit einem deutlichen und in naher Zukunft hohen Gefahrenpotential behaftet (geringe Gewissheit). Das Schadgeschehen wird heute und voraussichtlich auch in naher Zukunft durch Sturmschäden dominiert.

Beim Handlungsfeld „Wald- und Forstwirtschaft“ bestehen vielfältige Optionen, um sich an den Klimawandel anzupassen. Hier spricht man von passiver oder aktiver Anpassung, wobei Anpassungsoptionen entweder durch die Selbstregulation des Waldes oder durch menschliche Aktivitäten eröffnet werden. Dazu zählt respektive die Anpassung von Arten oder der Umbau von Wäldern, wie beispielsweise der Umbau von für die Holzproduktion angelegten Fichtenreinbeständen in Mischwälder. Im Gegensatz zu Fichtenreinbeständen sind Buchenwälder natürliche Reinbestände, die nicht durch Umbau unterstützt werden können. Die starke Streuung des Waldbesitzes fordert den Einsatz einer Vielzahl von Maßnahmen, die den unterschiedlichen Besitzformen, Managementstrategien und Flächengrößen gerecht werden. Zu den begrenzenden Faktoren gehören insbesondere die hohen Kosten eines Waldumbaus, die langen Anpassungszeiten sowie ein potenzieller Interessenskonflikt zwischen Aktivitäten zugunsten der forstlichen Produktion und dem Naturschutz. Insofern werden die Möglichkeiten zur Anpassung als mittel eingeschätzt.

Vulnerabilität

Für die Wald- und Forstwirtschaft ergibt sich aufgrund der bereits heutigen Betroffenheit sowie der langen Anpassungszeiten eine mittlere bis teilweise hohe Vulnerabilität für die nahe Zukunft.

Tabelle 5 fasst die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wald- und Forstwirtschaft zusammen.

Abbildung 8: Klimawirkung „Waldbrandrisiko“ basierend auf einem Wirkmodell für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)

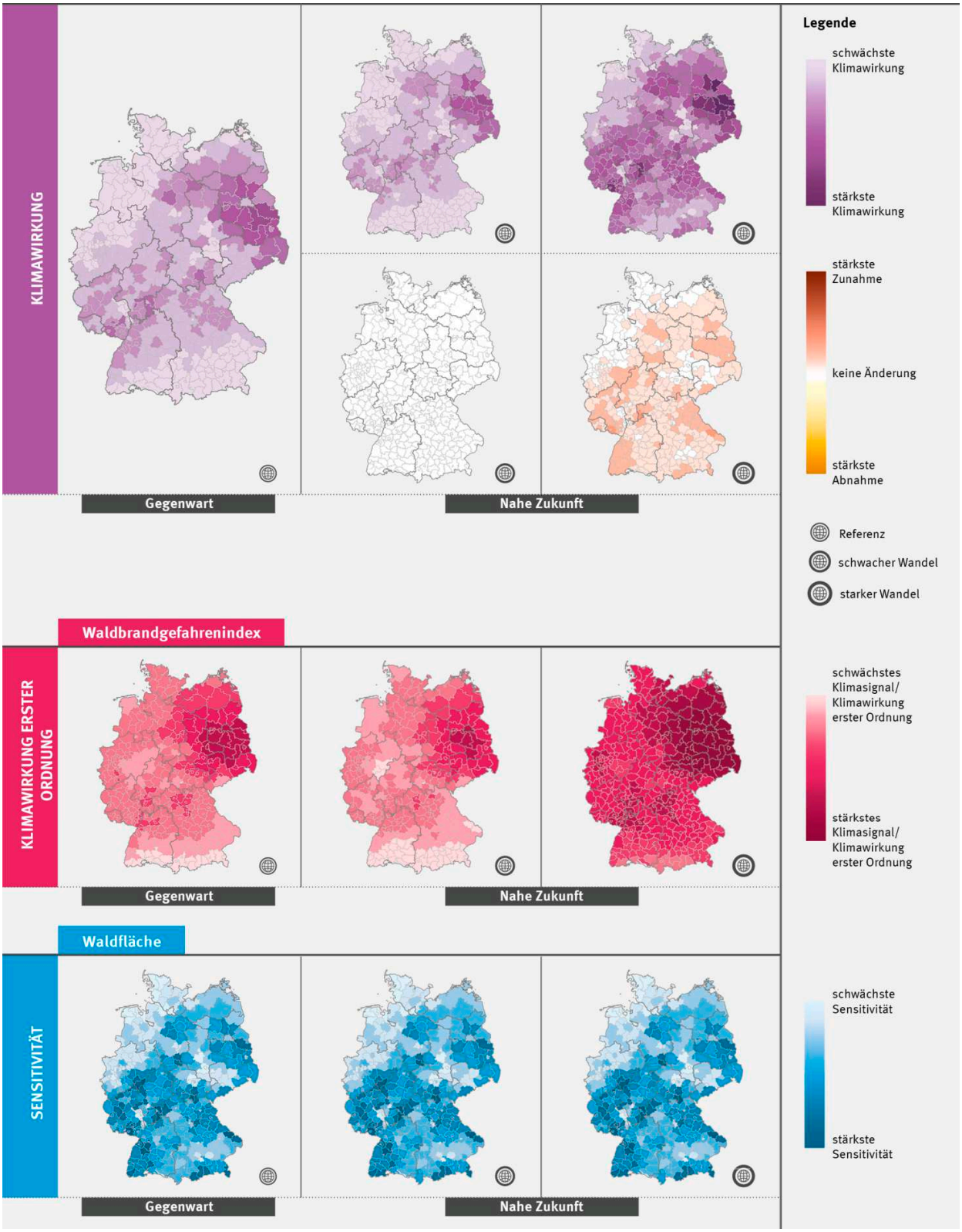


Tabelle 5: Klimawirkungen im Handlungsfeld „Wald- und Forstwirtschaft“

Wald- und Forstwirtschaft			
Zentrale Klimasignale:	Temperatur	CO_2-Konzentration	Niederschlag Extremereignisse
Zentrale Sensitivitäten:	Baumartenzusammensetzung, Alter der Bäume; Bestandsdichte, Baumhöhe; Bodenart und Unterwuchs; Eventuelle Vorschäden; Anteil der forstwirtschaftlichen Fläche pro Landkreis		
Handlungsfeldspezifische Anpassungskapazität:	mittel		

Klimawirkung	**Klimasignale**	**Bedeutung**		**Gewissheit/ Analysemethode**
Baumartenzusammensetzung	Hitze, Niederschlag, Temperatur, Trockenheit	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Nutzfunktionen	CO_2-Gehalt der Luft, Niederschlag, Temperatur	Gegenwart		Mittel bis hoch / Wirkmodell
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Schutzfunktionen	Niederschlag, Starkwind, Temperatur	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~ bis ++		
Schäden durch Schadorganismen	Hitze, Niederschlag, Temperatur, Trockenheit	Gegenwart		Gering / Wirkmodell und Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft:++		
Hitze- und Trockenstress	Hitze, Niederschlag, Trockenheit	Gegenwart		Mittel bis hoch / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Waldbrandrisiko	Feuchtigkeit, Hitze, Niederschlag, Temperatur, Trockenheit, Wind	Gegenwart		Mittel bis hoch / Wirkmodell
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~ bis ++		

Schäden durch Windwurf	Starkwind	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~		

Legende

Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland:
- gering
- mittel
- hoch

Entwicklung der Klimasignale bis zum Ende des Jahrhunderts (ferne Zukunft):
- ++ starke Änderung
- + Änderung
- ~ ungewiss

2.5 Handlungsfeld „Fischerei“

Klimatische bedingte Änderungen von Temperatur, Niederschlag und CO_2-Konzentrationen beeinflussen die Strömungssysteme beziehungsweise die Durchmischung und den Wasserstand sowie den Zustand der Gewässer. All dies wirkt sich wiederum auf die Artenzusammensetzung aus, auf die Reproduktion, Wachstum und Sterblichkeit der Fischbestände sowie deren Fangbedingungen.

Erhöht sich der Meeresspiegel und nehmen damit Sturmfluten zu, vergrößert sich die Gefahr, dass küstennahe Produktionsstätten und -ketten überflutet werden (s. Handlungsfeld Bauwesen, Küste, Industrie und Gewerbe), und Schäden an Aquakulturen entstehen. Durch eine Zunahme an Sturmereignissen und des Seegangs können sich die Fangbedingungen auf dem Meer verschlechtern.

Wie stark sich der Klimawandel auf die Fischereiwirtschaft auswirkt, hängt unter anderem davon ab, welche Arten gefangen beziehungsweise gezüchtet werden, wie hoch die Fangzahlen sind und wie stark die Eutrophierung[88] der Gewässer ist. Ein nachhaltiges ökosystemgerechtes Fischereimanagement kann die Widerstandsfähigkeit (Resilienz) von Fischbeständen gegen die Auswirkungen des Klimawandels deutlich erhöhen. Fischbestände, die nachhaltig bewirtschaftet werden und Biomassen aufweisen, die oberhalb des Maximalen Nachhaltigen Ertrags (Maximum Sustainable Yield), liegen, weisen eine wesentlich höhere Resilienz gegenüber dem Klimawandel auf, als überfischte Bestände, die sich in einem schlechten Erhaltungszustand befinden. Sie sind in Abhängigkeit von der Intensität des Klimawandels stärker gefährdet.

Die folgenden Aussagen beziehen sich in erster Linie auf die Seefischerei. Doch auch die Binnenfischerei kann vom Klimawandel betroffen sein, etwa durch eine eingeschränkte Wasserverfügbarkeit und -qualität oder durch zunehmende Extremwetterereignisse mit Stoffeintrag in Becken und Teiche. Hier besteht Forschungsbedarf, um die Klimawirkungen und Anpassungsmöglichkeiten genauer bestimmen zu können.

Insbesondere die Erhöhung der Wassertemperatur und die Abnahme des Sauerstoffgehalts, der sich vor allem in Gewässern mit wenig Seegang auswirkt, können die Artenzusammensetzung im Meer verändern. Heimische Fischarten wandern in nördlichere Gewässer ab und wärmeadaptierte Fischarten rücken aus südlicheren Regionen nach. Ein schwacher Wandel in naher Zukunft würde nur geringfügig das Auftreten solcher gebietsfremden Arten fördern. Allerdings kann sich diese Entwicklung bei einem starken Wandel verstärken. Da die Temperatur der Hauptfaktor für die Artenverschiebung ist, wächst mit dem Klimawandel bis zum Ende des Jahrhunderts die Wahrscheinlichkeit, dass gebietsfremde Arten zunehmen beziehungsweise sich die Artenspektren verändern. Eine Erhöhung des Salz- und Säuregehalts des Meers kann dazu führen, dass das Artenspektrum dezimiert wird. So kann die Versauerung der Meere durch höhere CO_2-Gehalte, vermutlich bereits in den nächsten 20 Jahren, die Bestände vieler mariner Arten beeinflussen. Hinzu kommt, dass die Temperatur auch das Wachstum, die Reproduktion und Sterblichkeit von Fischbeständen steuert. Dadurch können die Bestände heimischer Fischarten in ferner Zukunft zusätzlich reduziert werden.

Tritt bereits in naher Zukunft ein starker Wandel auf, dürften veränderte Fangbedingungen erheblich im gesamten Küstenraum an Bedeutung gewinnen. Neben einer Veränderung der Sensitivität (beispielsweise stei-

[88] Eutophierung bezeichnet eine durch menschliche Aktivitäten verursachte Anreicherung des Wassers mit Nährstoffen. Dies bewirkt ein beschleunigtes Wachstum von Algen und höheren Formen pflanzlichen Lebens (Quelle: Umweltbundesamt 2015).

gende Treibstoffkosten, höhere Anforderungen an zertifizierte Fischereiprodukte) ist dies auf die räumliche Verschiebung der Fischpopulationen und veränderte Seegangsbedingungen zurückzuführen. Von den veränderten Fangbedingungen können vor allem kleinere und mittlere Betriebe negativ betroffen sein.

Die Temperatur ist eine wesentliche klimatische Einflussgröße auf potenzielle Schäden an Aquakulturen. Viele Fischarten, zum Beispiel Lachs, benötigen kaltes Frischwasser für die Aufzucht und sind von steigenden Temperaturen beeinträchtigt. Steigende Wassertemperaturen können sich insbesondere in Gewässern, die durch Eutrophierung bereits vorbelastet sind, negativ auf Arten und Lebensräume auswirken. Es ist daher davon auszugehen, dass in naher Zukunft bei einem schwachen Wandel die potenziellen Schäden an Aquakulturen zunehmen, zum Beispiel durch eine höhere Infektionsanfälligkeit der Aquakulturen. Dies würde sich bei einem starken Wandel und in ferner Zukunft vermutlich noch verstärken.

Die bedeutendsten Klimawirkungen

Bereits in naher Zukunft kann die Fischerei hinsichtlich aller untersuchten Auswirkungen deutlich vom Klimawandel beeinträchtigt werden. Bei einem starken Wandel können das Wachstum, die Reproduktion und Sterblichkeit von Fischbeständen sowie das Auftreten gebietsfremder Arten und die Änderung des Artenspektrums zu schwerwiegenden Veränderungen der Fischerei führen (alle geringe Gewissheit). Wenn die projizierte starke Veränderung des Meeres, hinsichtlich Wassertemperatur, Meeresspiegelanstieg, Strömungsveränderung, Seegangerhöhung, etc. eintritt, können alle betrachteten Klimawirkungen in ferner Zukunft noch erheblich verstärkt werden.

Die Möglichkeiten, sich an den Klimawandel anzupassen, werden für das Handlungsfeld „Fischerei“ als gering bis mittel eingestuft. Sie unterscheiden sich nach Betriebsgröße und regionalem Bezug. Größere Betriebe gelten als anpassungsfähiger als kleine. Außerdem ist es wahrscheinlich, dass Fischereibetriebe an der Ostsee stärker von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen wären als Fischereibetriebe im Nordseegebiet. Denn zum einen sind die dortigen Fischbestände anfälliger gegenüber einer Erhöhung der Wassertemperatur. Zum anderen bietet die Ostsee weniger Möglichkeiten, Fangverluste bestimmter Fischbestände durch andere Fischarten zu kompensieren. Dies kann dazu führen, dass Fischereibetriebe an der Ostsee mehr Anstrengungen zur Anpassung unternehmen müssen.

Vulnerabilität

Aufgrund der erwarteten klimabedingten Änderungen beim Fischbestand und der Artenverbreitung und -zusammensetzung sowie der geringen bis mittleren Anpassungskapazität ergibt sich für die Fischerei eine mittlere bis hohe Vulnerabilität für die nahe Zukunft.

Tabelle 6 fasst die Auswirkungen des Klimawandels auf die Fischerei zusammen.

Tabelle 6: Klimawirkungen im Handlungsfeld „Fischerei“

Fischerei						
Zentrale Klimasignale:	Temperatur	Meeresspiegelanstieg	CO_2-Konzentration	Niederschlag	Seegang	
Zentrale Sensitivitäten:	Fischarten, Fischbestände					
Handlungsfeldspezifische Anpassungskapazität:	gering bis mittel					

Klimawirkung	**Klimasignale**	**Bedeutung**		**Gewissheit/ Analysemethode**
Gebietsfremde Arten, Artenspektrum	CO_2-Gehalt der Luft, Meeresströmungen, Niederschlag, Temperatur	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: + bis ++		
Wachstum, Reproduktion und Sterblichkeit von Fischbeständen	CO_2-Gehalt der Luft, Niederschlag, Temperatur	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Aquakulturen (Schäden inklusive)	CO_2-Gehalt der Luft, Hitze, Meeresspiegelanstieg, Niederschlag, Seegang, Temperatur	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: + bis ++		
Fangbedingungen	Meeresspiegelanstieg, Meeresströmungen, Seegang, Temperatur	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: + bis ++		

Legende

Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland:
- gering
- mittel
- hoch

Entwicklung der Klimasignale bis zum Ende des Jahrhunderts (ferne Zukunft):
- ++ starke Änderung
- + Änderung
- ~ ungewiss

2.6 Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“

Küsten- und Meeresregionen sind in zunehmendem Maße von den Folgen des Klimawandels betroffen. Die Artenzusammensetzung von Flora und Fauna in Nord- und Ostsee ist abhängig vom Nahrungsangebot im Meer. Wind, Temperatur und Salzgehalt sind die wesentlichen Faktoren für eine Durchmischung der Wasserschichten und eine damit verbundene gute Nähr- und Sauerstoffsituation. Änderungen im Salzgehalt sowie Temperatur-, Strahlungs-, Niederschlags- und CO_2-Änderungen haben Einfluss auf die Wasserqualität und damit auf die Sterblichkeit von Fischbeständen, das Artenspektrum und die Verbreitung invasiver Arten (siehe Handlungsfeld Fischerei).

Für den Küstenschutz sind insbesondere ein steigender Meeresspiegel sowie Sturmfluten entscheidend. Bei erhöhtem Meeresspiegel treten Sturmflutwasserstände häufiger auf und die bisherigen Maximalwerte können überschritten werden. Dadurch werden auch die Wirkungen des Seegangs vergrößert. Als Folge können vor allem Lockermaterialküsten erodieren und Landverluste auftreten sowie Küstenbauwerke und -infrastrukturen[89] geschädigt werden. Auch die Entwässerung der Marschgebiete wird durch einen erhöhten Meeresspiegel zunehmend erschwert. Der Meeresspiegel an der Nord- und Ostsee ist in den letzten Jahrzehnten konstant um ein bis zwei Millimeter im Jahr angestiegen. Dazu trägt auch eine leichte Landsenkung im deutschen Küstenraum bei. Änderungen im Sturmflutgeschehen (Häufigkeit, Intensität) wurden bisher nicht beobachtet.

Die Betroffenheit der Küstenregionen durch den Klimawandel hängt wesentlich davon ab, ob Küsten(schutz)bauwerke vorhanden sind und von der Art und Qualität dieser Bauwerke. Zudem ist die Entwicklung der dem Festland vorgelagerten Sandbänke und, an der Nordsee, des Wattenmeeres bedeutend: Steigt der Meeresspiegel schneller, als Sandbänke und Watt „mitwachsen“ können, werden die Schäden an den Küstenbauwerken und Küsten höher ausfallen. Besonders im Falle des „Ertrinkens“ des Wattenmeers droht der Festlandsküste eine erhöhte Überflutungs- und Erosionsgefahr.

In der Gegenwart und bei einem schwachen Wandel in naher Zukunft betreffen Überflutungen durch Sturmfluten vorrangig die Ostseeküste sowie nicht deichgeschützten Vorländer und nordfriesischen Halligen an der Nordseeküste. Bei einem starken Wandel hingegen können die Schäden durch sturmflutbedingte Überflutungen auch hinter den Deichen auftreten. Die Marschflächen an der Nordseeküste in Niedersachsen und Schleswig-Holstein sowie die Städte Bremen und Hamburg müssten beim starken Wandel als sturmflutgefährdet gelten, wenn es zu Überströmungen und Deichbrüchen kommt. Darüber hinaus wird die Entwässerung der Marschgebiete durch einen erhöhten Meeresspiegel zunehmend erschwert. Auch die Ostseeküsten wären – wenn auch räumlich deutlich weniger gravierend – betroffen (siehe Abbildung 9).

In der Gegenwart wird die Belastung von Küsten(schutz)bauwerken aufgrund von Sturmfluten und des Meeresspiegelanstiegs sowohl an der Ostsee als auch an Nordsee als gering angesehen. In der nahen Zukunft kann diese Belastung im Küstenraum der Nordsee zunehmen. Für die Ostsee wird von einer geringeren Veränderung für die Belastung von Bauwerken und Infrastrukturen ausgegangen.

Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten verursachen Küstenerosionen und führen so zu naturräumlichen Schäden, Strand- und Landverlusten. An der Ostseeküste gibt es einen kontinuierlichen Küstenrückgang, zum Beispiel an Kliffküsten. An der Nordseeküste sind bislang keine eindeutig auf Klimaänderungen zurückzuführenden Küstenschäden zu erkennen. Nur bei einem starken Wandel ist es bis Mitte des Jahrhunderts wahrscheinlich, dass die Schäden deutlich zunehmen. Betroffen wären vor allem die Nordseeinseln.

Gegen Ende des 21. Jahrhunderts und darüber hinaus wird sich der Anstieg des Meeresspiegels wahrscheinlich signifikant beschleunigen. Zudem können – gegen Ende des Jahrhunderts – besonders im Winter häufiger Stürme auftreten. Dann würden die klimabedingten Belastungen der Bauwerke sowie die Schäden an den Küsten weiter zunehmen.

Die bedeutendsten Klimawirkungen

Alle untersuchten Klimawirkungen beim Küsten- und Meeresschutz können bereits in naher Zukunft mit hohen Gefährdungen für den Küstenraum verbunden sein: die zunehmende Belastung von Küstenbauwerken und die Gefährdung von Infrastrukturen, die verstärkte Küstenerosion verbunden mit Strand- und Landverlusten sowie steigende Überflutungsgefahren durch Sturmfluten (alle geringe Gewissheit). Dies gilt für einen starken Klimawandel bereits in der nahen Zukunft sowie aufgrund des erwarteten steigenden Meeresspiegels verstärkt in der fernen Zukunft.

Die Möglichkeiten, sich an den Klimawandel anzupassen, werden für das Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“ als hoch eingestuft. Der Küstenschutz gilt in Deutschland als gut ausgebaut. Es wird somit angenommen, dass er bei entsprechender baulicher Anpassung auch künftige, erhöhte Belastungen auffangen kann. Zudem trägt ein kontinuierliches Monitoring dazu bei, klimabedingte Veränderungen frühzeitig zu erkennen.

[89] Im Folgenden bezieht sich der Begriff Infrastruktur auf die physische Infrastruktur. Gemeint sind also Gebäude, Bauwerke, Konstruktionen oder Anlagen.

Vulnerabilität

Abschließend betrachtet ergibt sich für den Küstenschutz aufgrund der hohen Anpassungskapazität eine geringe bis mittlere Vulnerabilität für die nahe Zukunft. Für die ferne Zukunft wird durch einen verstärkten Meeresspiegelanstieg eine mittlere Vulnerabilität angenommen.

Tabelle 7 fasst die Auswirkungen des Klimawandels auf den Küsten- und Meeresschutz zusammen.

Abbildung 9: Klimawirkung „Sturmfluten“ basierend auf dem Indikator „Potenzielle Überflutungsflächen durch Sturmfluten“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)

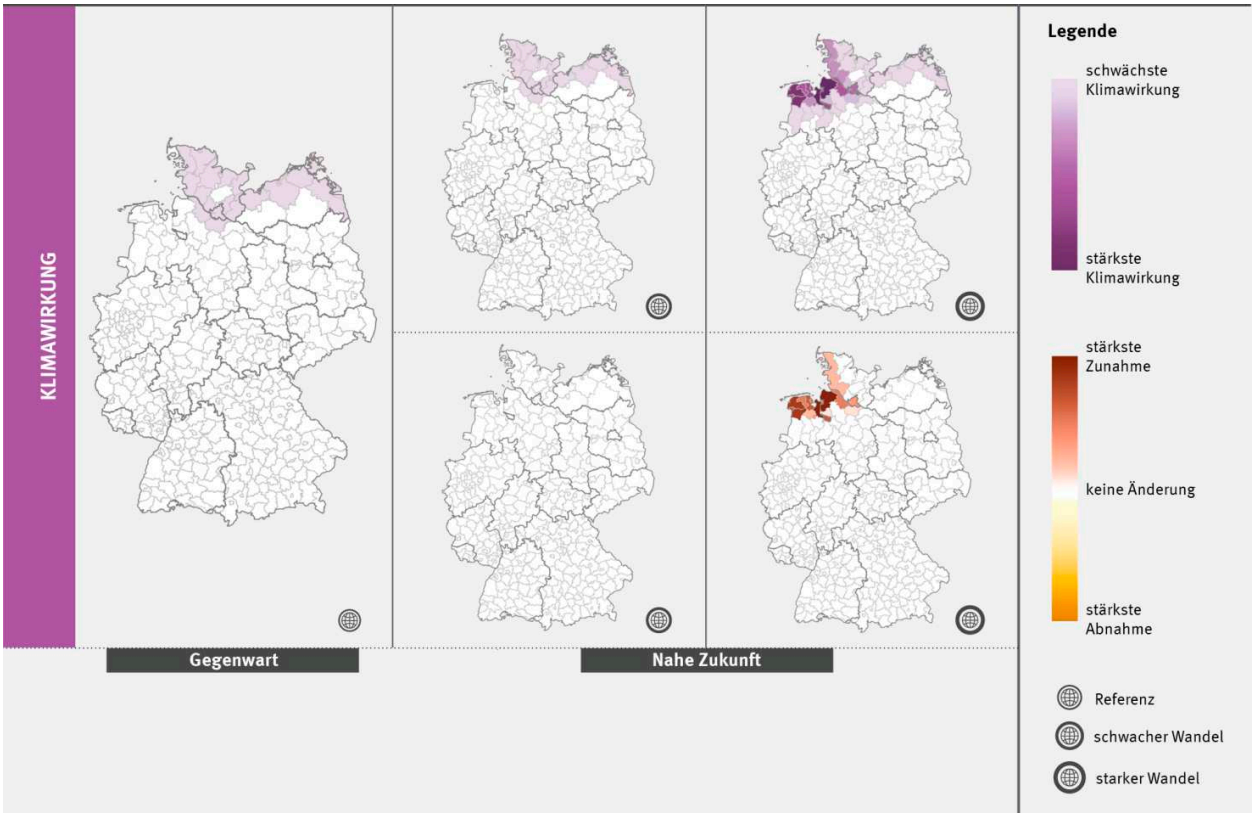


Tabelle 7: Klimawirkungen im Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“

Küsten- und Meeresschutz			
Zentrale Klimasignale:	Meeresspiegelanstieg	Seegang	Sturmflut
Zentrale Sensitivitäten:	Art und Qualität von Küstenbauwerken, Entwicklung des Wattenmeeres und Sandbänke und Strände, Küstentypen		
Handlungsfeldspezifische Anpassungskapazität:	hoch		

Klimawirkung	**Klimasignale**	**Bedeutung**		**Gewissheit/ Analysemethode**
Belastung von Bauwerken und Infrastrukturen	Meeresspiegelanstieg, Sturmflut, Seegang	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: + bis ++		
Schäden an Küsten (naturräumliche Veränderungen)	Meeresspiegelanstieg, Starkregen, Sturmflut, Seegang	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: + bis ++		
Sturmfluten	Sturmflut	Gegenwart		Gering / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: +		

Legende

Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland:
- gering
- mittel
- hoch

Entwicklung der Klimasignale bis zum Ende des Jahrhunderts (ferne Zukunft):
- ++ starke Änderung
- + Änderung
- ~ ungewiss

2.7 Handlungsfeld „Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt“

Veränderungen der saisonalen Verteilung des Niederschlags, aber auch Veränderungen der Niederschlagsmengen wie Starkregenereignisse oder Trockenperioden haben einen direkten Einfluss auf den Wasserhaushalt und damit auch auf die Wasserwirtschaft. Die Wasserverfügbarkeit für ökonomische und ökologische Nutzungen verringert sich alleine schon durch steigendende Verdunstung bei steigenden Temperaturen. Höhere Wassertemperaturen haben meist negative Auswirkungen auf die Wasserqualität, dies hat Auswirkungen auf die Gewässerbiologie und kann bei einem gleichzeitig steigenden Wasserbedarf zu Problemen bei der Wasserversorgung führen.

Der Wasserbedarf wie auch die Wasserverfügbarkeit werden sehr stark von der Landnutzung, der Bevölkerungsdichte, der wirtschaftlichen Entwicklung und der Art der Wassernutzung beeinflusst. Neben natürlichen Faktoren bestimmt die Beschaffenheit der Bodenoberfläche wie hoch der Anteil des oberirdischen Abflusses und der Grundwasserneubildung ist. Die Landnutzung beeinflusst durch den Eintrag von Nährstoffen, beispielsweise Nitrat und Phosphor, oder Schadstoffen, wie Pflanzenschutzmittel, sehr stark die Wasserqualität von Grund- und Oberflächenwasser. Die Wassernutzungen, wie Kühlwasser oder Prozesswasser, werden in

den betroffenen Handlungsfeldern diskutiert (siehe Handlungsfelder Boden, Energiewirtschaft, Industrie und Gewerbe, Tourismus).

Große überschwemmungsgefährdete Gebiete für Flusshochwasser liegen aufgrund der geringen Reliefunterschiede im Norddeutschen Tiefland. Von Sturzfluten[90] sind besonders Regionen mit starken Reliefunterschieden in Süddeutschland bedroht. Gegenwärtig ist nicht feststellbar, dass Hochwasser klimawandelbedingt häufiger auftreten, jedoch wird eine Zunahme der Starkregentage beobachtet. Aufgrund hoher Unsicherheit in der Projektion von Niederschlägen, könnte in naher Zukunft die Hochwassergefährdung in den verschiedenen Flusseinzugsgebieten sowohl ab- als auch zunehmen. Insbesondere aufgrund steigender Winterniederschläge werden in naher Zukunft Hochwasserereignisse als Folge langanhaltender Niederschläge oder Starkregenereignisse, die bei einem starkem Wandel mit hoher Wahrscheinlichkeit häufiger werden, voraussichtlich häufiger werden. So wird in naher Zukunft mit einer Zunahme der mittleren jährlichen Hochwasserabflüsse im Rheineinzugsgebiet (unterhalb Maxau) sowie im Elbeeinzugsgebiet gerechnet. Der Trend zu häufigeren Hochwässern wird sich bis Ende des Jahrhunderts vermutlich verschärfen.

Für die nahe Zukunft werden nur geringe Veränderungen des mittleren jährlichen Wasserdurchflusses in den großen Einzugsgebieten erwartet: Bei einem feuchtem Klimaszenario kann der Durchfluss leicht steigen und bei einem trockenen Klimaszenario würde es zu geringen Rückgängen kommen. Nur in den Einzugsgebieten von Weser, Neckar und Ruhr, sowie der Spree/Havel, kann dann der Durchfluss um bis zu 30 Prozent geringer sein. Insbesondere in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts kann eine Verminderung des jährlichen Wasserdurchflusses in den Einzugsgebieten der Elbe und – je nach ausgewählter Klimaprojektion – auch der Donau relevant werden. Bereits in naher Zukunft kann im Oberlauf der Donau häufigeres und intensiveres Niedrigwasser auftreten, welches in der fernen Zukunft auch auf die Elbe, den Rhein und die gesamte Donau zutreffen kann.

Das Management von kleineren Talsperren, die sowohl der Trinkwasserversorgung als auch dem Hochwasserschutz dienen, stellt sich bereits auf einen veränderten saisonalen Abfluss ein. In einigen Regionen wird es tendenziell trockener, insbesondere zum Ende des Winters und im Frühjahr. Die Situation kann von großen Talsperren gut kompensiert werden, während kleinere Talsperren im Sommer mit Niedrigwasser und damit einhergehenden Gewässergüteproblemen zu kämpfen haben. Dennoch müssen im Winter Rückhalteräume für den Hochwasserschutz vorgehalten werden, was die speicherbaren Trinkwasserressourcen reduziert. Dieser Zielkonflikt zwischen Trinkwasserversorgungssicherheit und Hochwasserschutz wird sich durch trockene Frühjahre und zunehmende extreme Niederschlagsereignisse in Zukunft vermutlich verstärken.

Die Wasserverfügbarkeit aus Grund- und Oberflächenwasser, beispielsweise für die Trinkwasserversorgung, ist aufgrund des großen Wasserdargebots in Deutschland grundsätzlich hoch. Die Trinkwasserversorgung wird in Deutschland zu über 70 Prozent aus Grund- und Quellwasser gedeckt. Zum Schutz der Trinkwasserversorgung werden in Deutschland Wasserschutzgebiete ausgewiesen. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass der chemische Zustand vieler Grundwasserkörper nach Wasserrahmenrichtlinie als schlecht zu bewerten ist. Besonders in Ballungsgebieten übersteigt der Wasserbedarf das Wasserdargebot, so dass Fernversorgungsleitungen für einen Ausgleich zwischen Mangel- und Überschussgebieten sorgen. In Teilen Süddeutschlands haben kleinere Wasserversorger im Sommer Probleme die Versorgung – auch aufgrund schlechter Wasserqualität und einer dynamischen Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung mit hohem Bedarf – sicher zu stellen. Insbesondere im Osten Deutschlands könnte die Wasserverfügbarkeit in naher und verstärkt in ferner Zukunft deutlich abnehmen, da sich bei einem starken Klimawandel die Grundwasserneubildung und der gebietsbürtige Abfluss[91] verringern können.

Starkregen sind eine Herausforderung für die Stadtentwässerung, insbesondere dort, wo ein hoher Versieglungsgrad und Mischkanalisation vorliegt (siehe Abbildung 10). Eine Überlastung der städtischen Kanalsysteme und Kläranlagen kann durch Beeinträchtigung der Gewässerqualität gesundheitliche und ökologische Schäden verursachen. Dies betrifft bereits heute viele Ballungsgebiete. Bei einem starken Wandel können in Zukunft häufiger Starkregen auftreten und auch die Stadtentwässerung in größere Regionen, wie zum Beispiel im Emsland, in Westfalen und Ostwestfalen, können dann mit Herausforderungen konfrontiert werden.

---

[90] Eine Sturzflut ist eine spezielle Form von Hochwasser. Sie ist von kurzer Dauer und steilem Anstieg mit einer relativ hohen Hochwasserspitze. Sie wird von einem Regen hoher Intensität erzeugt, der über einem kleinen Einzugsgebiet niedergeht (Quelle: Umweltbundesamt 2015).

[91] Dieser Wert entspricht dem vieljährigen jährlichen Mittel der Differenz aus Niederschlag minus Verdunstung pro Raumeinheit.

Der Gewässerzustand der meisten Binnengewässer wird vor allem durch die Landnutzung und den damit bestimmten Stoffeintrag beeinflusst. Der Klimawandel hat im Vergleich hierzu nur eine geringe Auswirkung. Aber er kann in mehrfacher Hinsicht negativ auf den ökologischen Zustand eines Gewässers wirken, insbesondere hinsichtlich der Temperatur und des Sauerstoffgehalts. In naher Zukunft können daher höhere Temperaturen, durch Hochwasser und Starkregen bedingte Stoffeinträge oder durch Niedrigwasser verursachte Aufkonzentrationen dazu führen, dass sich der Gewässerzustand verschlechtert oder die Bemühungen bei der Verminderung der Nährstoffeinträge aus der Landnutzung weniger erfolgreich sind (siehe Handlungsfeld Tourismus).

Die bedeutendsten Klimawirkungen

Bereits gegenwärtig für Deutschland bedeutende Wirkungen des Klimawandels mit hohem Schadenspotential für die Wasserwirtschaft und den Wasserhaushalt sind die durch Starkregen oder langandauernde, großflächige Niederschläge verursachten Überschwemmungen durch Flusshochwasser, Überflutungen durch Sturzfluten und urbane Überschwemmungen durch Starkregen (alle mittlere bis hohe Gewissheit). In naher und insbesondere ferner Zukunft können die Häufigkeit und Intensität dieser Ereignisse durch den erwarteten Anstieg der Winterniederschläge und sommerlichen Starkregenereignisse zunehmen. Alle anderen betrachteten Klimawirkungen sind von steigenden Temperaturen und verringerten Niederschlägen, insbesondere durch Trockenheit verursacht. Hier wird das Gefährdungspotential für die nahe Zukunft nur unter einem starken Wandel als bedeutend eingeschätzt. Diese Gefährdung kann gegen Ende des Jahrhunderts allerdings deutlich ansteigen.

Im Bereich der Wasserwirtschaft ist eine tendenziell mittlere bis hohe Anpassungskapazität an klimawandelbedingte Veränderungsprozesse gegeben. Begünstigende Faktoren in Deutschland sind die hohe technische und administrative Kompetenz und das hohe Wasserdargebot, auch wenn dieses in den Sommermonaten abnehmen wird. Maßnahmen und Instrumente für eine Anpassung stehen weitestgehend bereit. Trotzdem ist die Verbesserung des Gewässerzustands schwierig und langwierig.

Vulnerabilität

Insgesamt können bereits in naher Zukunft mittlere bis hohe Gefährdungen durch die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft und den Wasserhaushalt zum Tragen kommen bei einer mittleren bis hohen Anpassungskapazität. Zusammenfassend ergibt sich damit für die Wasserwirtschaft und den Wasserhaushalt eine mittlere Vulnerabilität für die nahe Zukunft.

Einen Überblick über die Klimawirkungen des Handlungsfeldes „Wasserwirtschaft, Wasserhausalt“ bietet Tabelle 8.

Abbildung 10: Klimawirkung „Auswirkungen auf Kanalsystem und Kläranlagen“ basierend auf dem Indikator „Starkregen auf versiegelten Flächen“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)

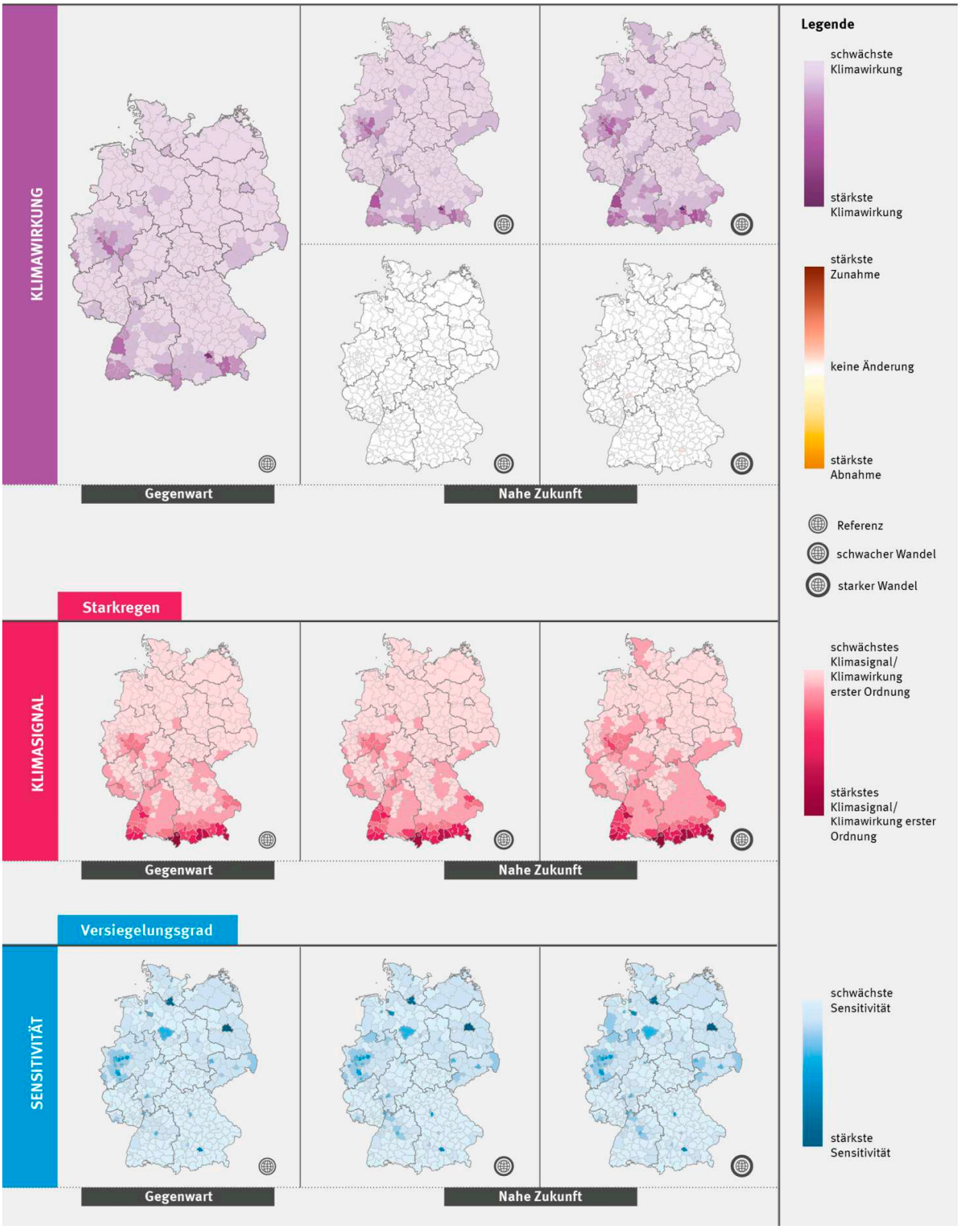


Tabelle 8: Klimawirkungen im Handlungsfeld „Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt“

Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt					
Zentrale Klimasignale:	Temperatur	Niederschlag	Trockenheit	Flusshochwasser	Starkregen
Zentrale Sensitivitäten:	Landnutzung, Bevölkerungsdichte, Nutzungsarten				
Handlungsfeldspezifische Anpassungskapazität:	mittel bis hoch				

Klimawirkung	**Klimasignale**	**Bedeutung**		**Gewissheit/ Analysemethode**
Durchfluss	Niederschlag, Temperatur, Trockenheit	Gegenwart		Mittel bis hoch / Wirkmodell
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Flusshochwasser und Sturzfluten	Flusshochwasser, Sturzfluten (Starkregen)	Gegenwart		Mittel bis hoch / Wirkmodell und Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: +		
Auswirkung auf Kanalnetz und Kläranlagen	Niederschlag, Starkregen	Gegenwart		Mittel bis hoch / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: + bis ++		
Wasserverfügbarkeit aus Grundwasser	Niederschlag, Temperatur, Trockenheit	Gegenwart		Mittel bis hoch / Wirkmodell
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Wasserverfügbarkeit aus Oberflächengewässern	Niederschlag, Temperatur, Trockenheit	Gegenwart		Mittel bis hoch / Wirkmodell
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Trinkwasserverfügbarkeit	Niederschlag, Temperatur, Trockenheit	Gegenwart		Mittel bis hoch/ Experteninterviews und Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Talsperrenbewirtschaftung	Niederschlag, Temperatur, Trockenheit	Gegenwart		Mittel bis hoch / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		

Gewässerzustand	Niederschlag, Temperatur, Trockenheit, Wind	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~ bis ++		

Legende

Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland:

- gering
- mittel
- hoch

Entwicklung der Klimasignale bis zum Ende des Jahrhunderts (ferne Zukunft):

- ++ starke Änderung
- \+ Änderung
- ~ ungewiss

2.8 Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“

Klimaänderungen können den Verkehr und die Verkehrsinfrastruktur (kommunale, Landes- und Bundesstraßen, Autobahnen, Bahntrassen und -flächen, Binnen- und Seeschifffahrtsstraßen sowie Flughäfen) erheblich treffen. So erhöhen Hitze und Frost die Unfallgefahr und können direkte Schäden an Straßen und Schieneninfrastrukturen verursachen. Extremwetter, wie etwa Starkregen oder Trockenheit, können den Verkehrsablauf durch Überschwemmungen, Hoch- oder Niedrigwasser in Schifffahrtsstraßen behindern. Letzteres beschränkt die Abladetiefen der Schiffe und verringert somit die Transportkapazität. Auch Hochwasser kann dazu führen, dass die Schiffbarkeit nicht mehr oder nur noch eingeschränkt möglich ist. Andere Wetterextreme, wie Hagel und Stürme, erhöhen die Unfallgefahr und beeinträchtigen die Verkehrsinfrastruktur, indem sie beispielsweise hochragende Signalanlagen beschädigen oder die Stromversorgung von Verkehrsträgern unterbrechen, insbesondere von Schieneninfrastrukturen.

Wie stark sich der Klimawandel auf den Verkehrsablauf und die Verkehrsinfrastruktur auswirkt, hängt maßgeblich davon ab, wo die entsprechend genutzten Flächen liegen, wie robust die Verkehrsinfrastruktur gestaltet ist und ob Ausweichtrassen vorhanden sind.

Durch hitzebedingte Schäden an Straßen, Schieneninfrastrukturen und Startbahnen gefährdete Regionen sind gegenwärtig und in naher Zukunft bei einem schwachen Wandel vor allem Rhein-Ruhr, Oberrhein, Rhein-Main und das östliche Deutschland. Bei einem starken Wandel können sich hitzebedingte Schäden flächendeckend ausweiten. Davon ausgenommen wären lediglich der Küstenraum, die Mittelgebirge und Alpen. Da die Temperatur voraussichtlich gegen Ende des Jahrhunderts verstärkt steigt, können hitzebedingte Schäden an der Verkehrsinfrastruktur dann nochmals deutlich zunehmen.

Frostbedingte Schäden an Straßen, Schieneninfrastrukturen und Startbahnen treten heute vor allem in Gebirgen und in deren Nähe auf, wie die Landkreise am Alpenrand und im Bayerischen Wald. Für die nahe Zukunft ist aufgrund des erwarteten Rückgangs an Frosttagen mit einer Abnahme von frostbedingten Schäden zu rechnen. Bei einem schwachen Wandel können sich die frostbedingten Schäden insbesondere in den westlichen und nördlichen Regionen verringern, bei einem starken Wandel wäre eine flächendeckende Abnahme zu erwarten. Einige Kreise, vor allem in Bayern (Mittelfranken, Bayerischer Wald) würden jedoch auch bei einem starken Wandel weiterhin eine relativ hohe Betroffenheit aufweisen.

Die Gefahr einer Überschwemmung und Unterspülung von Schieneninfrastrukturen und Straßendurch Flusshochwasser besteht bereits heute vor allem entlang der Flusstäler der Mittelgebirge, sowie in den Ballungsgebieten Hamburg, Bremen, Leipzig, Rhein-Main-Gebiet. Hinzu kommen einzelne Landkreise entlang der Elbe, Weser, Ems sowie am Niederrhein. Überschwemmungen und Überflutungen durch Sturzfluten sind in vermehrt in Süd- und Mitteldeutschland zu erwarten (siehe Abbildung 11), während Sturmfluten vorrangig nicht von Deichen geschützte Bereiche an Nord- und Ostsee betreffen. In naher Zukunft kann dieses Verteilungsmuster ähnlich bleiben, und die Situation am Niederrhein sowie an der Nordseeküste kann sich noch verschärfen.

Deutliche Sturzflutgefährdungen mit Auswirkungen auf Straßen und Schieneninfrastrukturen haben Großstädten und Landkreise mit hoher Infrastrukturdichte am Alpenrand (München, Landkreis Rosenheim), wo durch das vorhandene Gefälle Starkregenereignisse zu Sturzfluten führen können. Gleiches gilt für Stuttgart und den Randbereich des Sieger- und Sauerlands (Hagen, bergisches Städtedreieck). Die räumliche Verteilung dieser

Betroffenheit bleibt in naher Zukunft ähnlich.

Die Ergebnisse von KLIWAS[92] zeigen, dass von der Sperrung der Binnenwasserstraßen aufgrund von Vereisung bislang vor allem die ostdeutschen Gewässer wie Oder und Elbe sowie in Süddeutschland die Donau und die Schifffahrtskanäle (Mittellandkanal-Ost, Elbe-Seitenkanal, Elbe-Havel-Kanal) betroffen sind. In Westdeutschland können extreme Winter an den staugeregelten Nebenflüssen des Rheins eine eisbedingte Schifffahrtssperrung erforderlich machen. Die Vereisung von Binnenschifffahrtsstraßen verringert sich in der nahen Zukunft bedeutend. In den westlichen Flussgebieten, die bereits gegenwärtig nur wenig von Vereisungen betroffen sind, treten Vereisungen in naher Zukunft voraussichtlich noch seltener auf. Bei einem starken Wandel kann dies auch in den östlichen Flussgebieten (Oder, Elbe, Donau) der Fall sein.

Der Flugverkehr kann in der Übergangsphase bis zur nahen Zukunft insbesondere auf den verkehrsreichen Flughäfen in Süddeutschland (insbesondere München) von Vereisung beeinträchtigt werden, da hier im Jahresverlauf spätere und heftigere Niederschläge in Verbindung mit Frostwechseltagen möglich sind und Flugzeuge bei Frosttagen enteist werden müssen. In der nahen Zukunft verringern sich bei einem Rückgang der Frosttage beziehungsweise der Frostwechseltage die Auswirkungen in Süddeutschland zum Teil deutlich.

Die Schiffbarkeit der Binnenwasserstraßen kann insbesondere durch Niedrigwasser beeinträchtigt werden. Die im Rahmen von KLIWAS erarbeiteten Abflussprojektionen deuten darauf hin, dass starke Veränderungen für die Schiffbarkeit und damit für den Unterhaltungsaufwand von Binnenwasserstraßen vermutlich erst in der fernen Zukunft eintreten werden. Dabei müssen die Flussgebiete mit ihren Eigenheiten gesondert betrachtet werden.

Die bedeutendsten Klimawirkungen

Alle betrachteten Klimawirkungen auf den Verkehr und die Verkehrsinfrastruktur können in naher Zukunft durch einen starken Wandel deutlich beeinflusst werden: Die im Zuge des Temperaturanstiegs erwartete Verringerung der Tage mit Wechselfrost kann positive Folgen für die Verkehrsinfrastrukturen (Straßen, Schieneninfrastrukturen, Startbahnen, Flugzeuge, Binnenwasserstraßen) haben (alle mittlere bis hohe Gewissheit), während der Anstieg der heißen Tage und – in ferner Zukunft auch – Trockenheit negative Folgen für den Verkehr auf Straße (mittlere bis hohe Gewissheit), Schieneninfrastruktur (mittlere bis hohe Gewissheit) und Schifffahrtsstraßen (geringe Gewissheit) haben würde. Folgen des Klimawandels mit hohem Schadenspotential für die hiesige Verkehrsinfrastruktur sind Überschwemmungen und Unterspülungen von Straßen und Schieneninfrastrukturen durch Flusshochwasser, Sturm- und Sturzfluten (mittlere bis hohe Gewissheit). In ferner Zukunft können diese Schadenspotentiale noch ansteigen.

Die Möglichkeiten, sich an den Klimawandel anzupassen, werden für das Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ insgesamt als mittel bis hoch eingeschätzt, da es grundsätzlich technische Möglichkeiten gibt. So kann man beispielsweise schiffbaulich im Rahmen der Flottenerneuerung reagieren oder bei den Schifffahrtsstraßen betriebliche und/oder infrastrukturelle Anpassungsmaßnahmen einleiten. Auch beim Luftverkehr gibt es einige – meist technische – Anpassungsoptionen. Alle diese Maßnahmen benötigen aber längere Planungs- und Umsetzungszeiten und können mit hohen Kosten verbunden sein. Beim Straßenverkehr und beim Schienennetz lassen sich Anpassungsmaßnahmen über Investitionen im Rahmen von Neu- und Umbau umsetzen. Betriebliche Maßnahmen, beispielsweise Umleitungen, können temporäre Maßnahmen darstellen.

Vulnerabilität

Aufgrund der mittleren bis hohen Betroffenheit und Anpassungskapazität ergibt sich für den Verkehr und die Verkehrsinfrastruktur eine mittlere Vulnerabilität für die nahe Zukunft.

Tabelle 9 fasst die Auswirkungen des Klimawandels auf den Verkehr und die Verkehrsinfrastruktur zusammen.

[92] BMVI- Forschungsprogramm “Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt und Entwicklung von Anpassungsoptionen“, Laufzeit 2009 – 2013 (www.kliwas.de)

Abbildung 11: Klimawirkung „Überschwemmung und Unterspülung von Straßen und Schieneninfrastrukturen“ basierend auf dem Indikator „Potenzielle Schäden an Verkehrsinfrastruktur durch Sturzfluten“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)

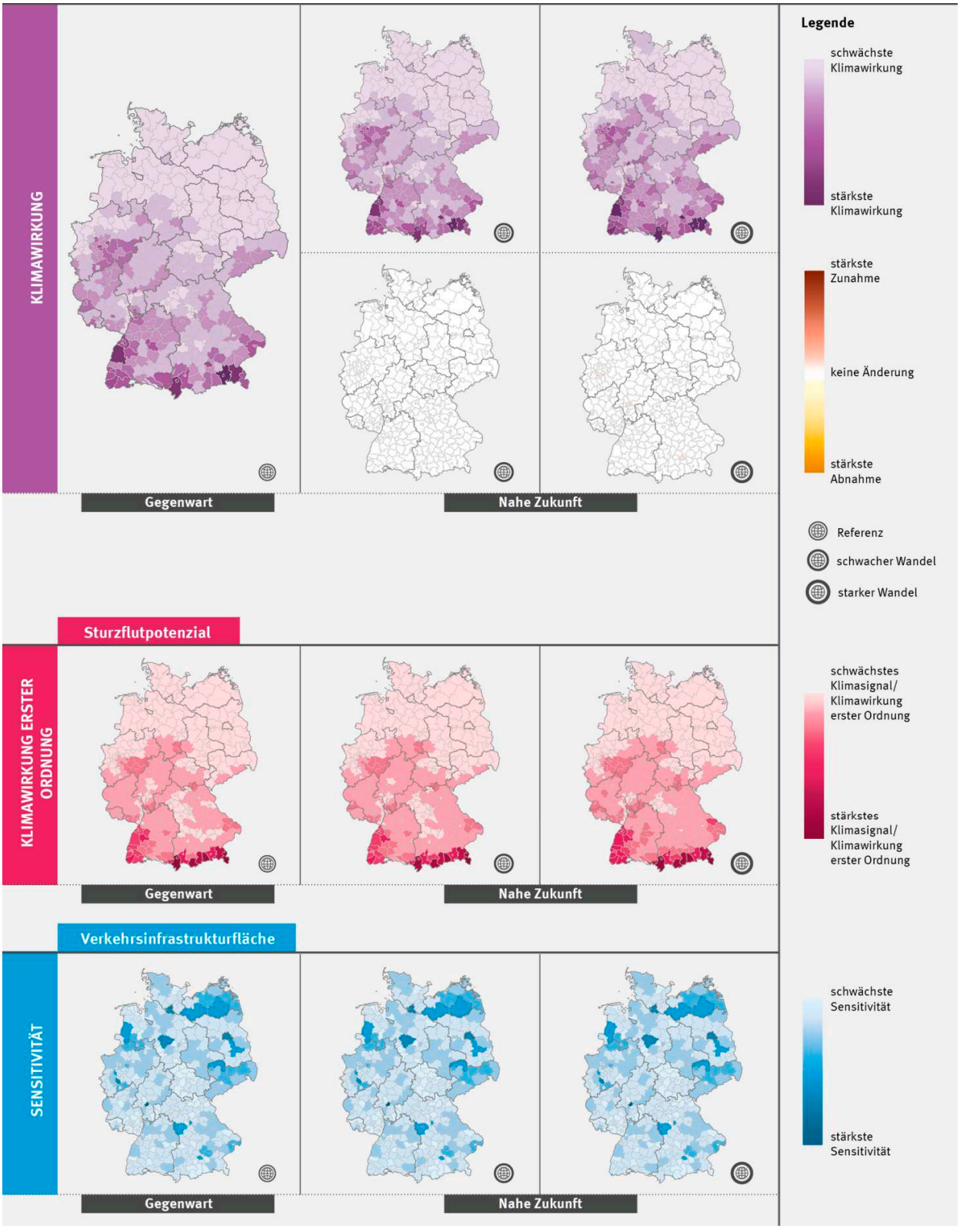


Tabelle 9: Klimawirkungen im Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“

Verkehr, Verkehrsinfrastruktur			
Zentrale Klimasignale:	Temperatur	Niederschlag	Extremereignisse
Zentrale Sensitivitäten:	Lage und Dichte von Verkehrsinfrastrukturfläche, Gestaltung von Verkehrsinfrastrukturen		
Handlungsfeldspezifische Anpassungskapazität:	mittel bis hoch		

Klimawirkung	**Klimasignale**	**Bedeutung**		**Gewissheit/ Analysemethode**
Vereisung von Binnenwasserstraßen	Frost	Gegenwart		Mittel bis hoch / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: +		
Vereisung von Flugzeugen	Frost	Gegenwart		Mittel bis hoch / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: +		
Hitze- und Frostschäden an Straßen, Schieneninfrastrukturen, Startbahnen	Frost, Hitze	Gegenwart		Mittel bis hoch / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: + bis ++		
Schiffbarkeit der Binnenwasserstraßen	Niederschlag, Trockenheit	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Überschwemmung und Unterspülung von Straßen und Schieneninfrastrukturen	Flusshochwasser, Sturmfluten, Sturzfluten	Gegenwart		Mittel bis hoch/ Wirkmodell und Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: +		

Legende

Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland:

- gering
- mittel
- hoch

Entwicklung der Klimasignale bis zum Ende des Jahrhunderts (ferne Zukunft):

++ starke Änderung

\+ Änderung

~ ungewiss

2.9 Handlungsfeld „Bauwesen“

Klimatisch bedingte Extremereignisse sowie der erwartete Temperaturanstieg sind wichtige Klimasignale im Handlungsfeld „Bauwesen“. So können etwa Überschwemmungen durch Flusshochwasser, Sturzfluten oder Sturmfluten (siehe Handlungsfeld Küsten- und Meeresschutz) aber auch Stürme oder Hagel erhebliche Schäden an Gebäudebestand und Infrastrukturen verursachen. Auch andere Extremereignisse wie gravitative Massenbewegungen (z. B. Hangrutschungen, Gerölllawinen) können zu Schäden führen. Zudem beeinflusst die Zahl der heißen Tage und der Tropennächte die Qualität des Stadtklimas und die Luftqualität und damit den Bedarf an Gebäudekühlung und -dämmung.

In welchem Ausmaß der Klimawandel das Handlungsfeld „Bauwesen“ betrifft, hängt davon ab, wie stark Gebäude und Infrastrukturen in gefährdeten Regionen durch klimatisch bedingte Extremereignisse beschädigt werden können. Inwieweit ein wärmeres Stadtklima die gesundheitliche Betroffenheit der Menschen erhöht, wird durch die Bevölkerungsdichte und den Anteil besonders hitzesensibler, überwiegend älterer Menschen bestimmt (siehe Handlungsfeld Menschliche Gesundheit).

Bereits heute verursachen Hochwasserereignisse, wie Flusshochwasser (siehe Abbildung 12), Sturmfluten und Sturzfluten, hohe Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen, etwa Durchnässung, Beeinträchtigungen des Fundaments, Verschmutzungen bis zum Einsturz von Gebäuden oder Zerstörung von Infrastrukturen (siehe Handlungsfelder Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt und Küsten- und Meeresschutz). Vor allem bei einem starken Wandel und gegen Ende des Jahrhunderts können die Schäden durch alle Hochwassertypen deutlich zunehmen.

Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Starkwind, inkl. Hagelstürmen, wie beschädigte oder blockierte Bahntrassen und Oberleitungen, abgedeckte Häuser oder eingedrückte Fenster, machen in Deutschland einen Großteil der volkswirtschaftlichen Schäden durch Naturgefahren aus (siehe Handlungsfeld Finanzwirtschaft). Derzeit besonders betroffen sind die Landkreise zwischen der westdeutschen Tieflandbucht und der Nordseeküste. Bei einem starken Wandel käme es in naher Zukunft im Nordwesten und Nordosten Deutschlands sowie in den Mittelgebirgen aufgrund eines sich verändernden Klimasignals zu verstärkten Klimawirkungen.

Besonders in den großen Ballungszentren in den südlichen und südöstlichen Bundesländern heizen sich heute bereits die Kernstädte – aufgrund der hohen Siedlungsdichte, dem hohem Versieglungsgrad und der verwendeten Baumaterialien – stark auf. Das Stadtklima und die Luftqualität wird durch den urbanen Wärmeinseleffekt, der die Auswirkungen von Hitzewellen verstärkt, beeinträchtigt (siehe Handlungsfeld Menschliche Gesundheit). Bei einem schwachen Wandel dürfte sich dieses Phänomen in naher Zukunft nur in einigen Regionen geringfügig verstärken. Jedoch kann es bei einem starken Wandel und auch gegen Ende des Jahrhunderts vor allem entlang des Oberrheins, im Rhein-Ruhr-Gebiet und im Süden Ostdeutschlands (vor allem in Sachsen) zunehmen, wobei der demographische Wandel mit einem zunehmenden Anteil älterer und hochbetagter Menschen das Problem zusätzlich verschärft.

Ein enger Zusammenhang besteht zwischen den äußeren Wetter- und Witterungsbedingungen und dem Innenraumklima sowie dem daraus entstehenden Bedarf für Kühlung und Beschattung. Daraus lassen sich Anforderungen an die Gebäudehülle ableiten. Analog zum Stadtklima sind somit insbesondere die großen Ballungszentren im Süden Deutschlands betroffen. Bei einem starken Wandel käme es aufgrund der Änderung des Klimasignals und aufgrund des erwarteten Anstiegs der Bevölkerung zu starken Klimawirkungen entlang des Mittelrheins und des Oberrheins sowie im Rhein-Main-Gebiet.

Die bedeutendsten Klimawirkungen

Bereits gegenwärtig bestehen bedeutende und zukünftig sogar hohe Gefährdungspotentiale für Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Flusshochwasser und Sturzfluten (mittlere bis hohe Gewissheit). Hitze verursacht bereits heute ein ungünstiges Stadtklima, verbunden mit geringer Luftqualität, und erhöht den Kühlungsbedarf von Innenräumen. Diese Beeinträchtigungen der Lebensqualität können in naher Zukunft und insbesondere zum Ende des Jahrhunderts sehr stark zunehmen (mittlere bis hohe Gewissheit). Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Starkwind werden gegenwärtig sowie zukünftig bei einem starken Wandel als bedeutende Gefährdungen bewertet (geringe Gewissheit). Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Sturmfluten werden in naher Zukunft bei einem starken Wandel im Zuge des Meeresspiegelanstiegs als sehr bedeutend für das Bauwesen eingestuft (geringe Gewissheit).

Bei den Möglichkeiten, sich im Handlungsfeld „Bauwesen“ an den Klimawandel anzupassen, ist zwischen dem Bestand und der Neuerrichtung baulicher Strukturen sowie der (Neu- und Um-)Gestaltung von Siedlungsstrukturen zu differenzieren. Der Bestand lässt sich im Wesentlichen durch technische Maßnahmen schützen, etwa durch öffentlichen Hochwasserschutz, private und öffentliche Bauvorsorge gegen Hochwasser oder durch den nachträglichen Einbau von Klimaanlagen. Allerdings handelt es sich bei Gebäuden um sehr langlebige Investitionen und die Umsetzung solcher Anpassungsmaßnahmen ist oft mit erheblichen Kosten verbunden. Insofern lassen sich diese nur mittel- bis langfristig verwirklichen. Eine etwas andere Situation zeigt sich bei neuen Siedlungsflächen. Hier ist es möglich, sich durch städtebauliche oder raumordnerische Maßnahmen gut vorzubereiten. So können künftige Bebauungen in gefährdeten Gebieten mit Auflagen versehen, eingeschränkt oder untersagt werden. Auch dies ließe sich allerdings nur mittel- bis langfristig umsetzen. Gleichwohl bestehen hier gerade in wachsenden Großstädten planerische Zielkonflikte zwischen einer kompakten Stadtentwicklung, die der Verkehrsvermeidung und damit dem Klimaschutz dient, und dem Erhalt des Klimakomforts.

Vulnerabilität

Die Vulnerabilität des Bereichs „Bauwesen“ ist aufgrund der starken Betroffenheit sowie der mittel- bis langfristigen Anpassungszeit als mittel bis hoch einzuschätzen. Sie kann bei einem starken Wandel in ferner Zukunft deutlich zunehmen.

Eine Übersicht über die Auswirkungen des Klimawandels auf das Handlungsfeld „Bauwesen“ bietet Tabelle 10.

Abbildung 12: Klimawirkung „Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Flusshochwasser und Sturzfluten“ basierend auf dem Indikator „Potenzielle Schäden an Gebäuden durch Flusshochwasser“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)

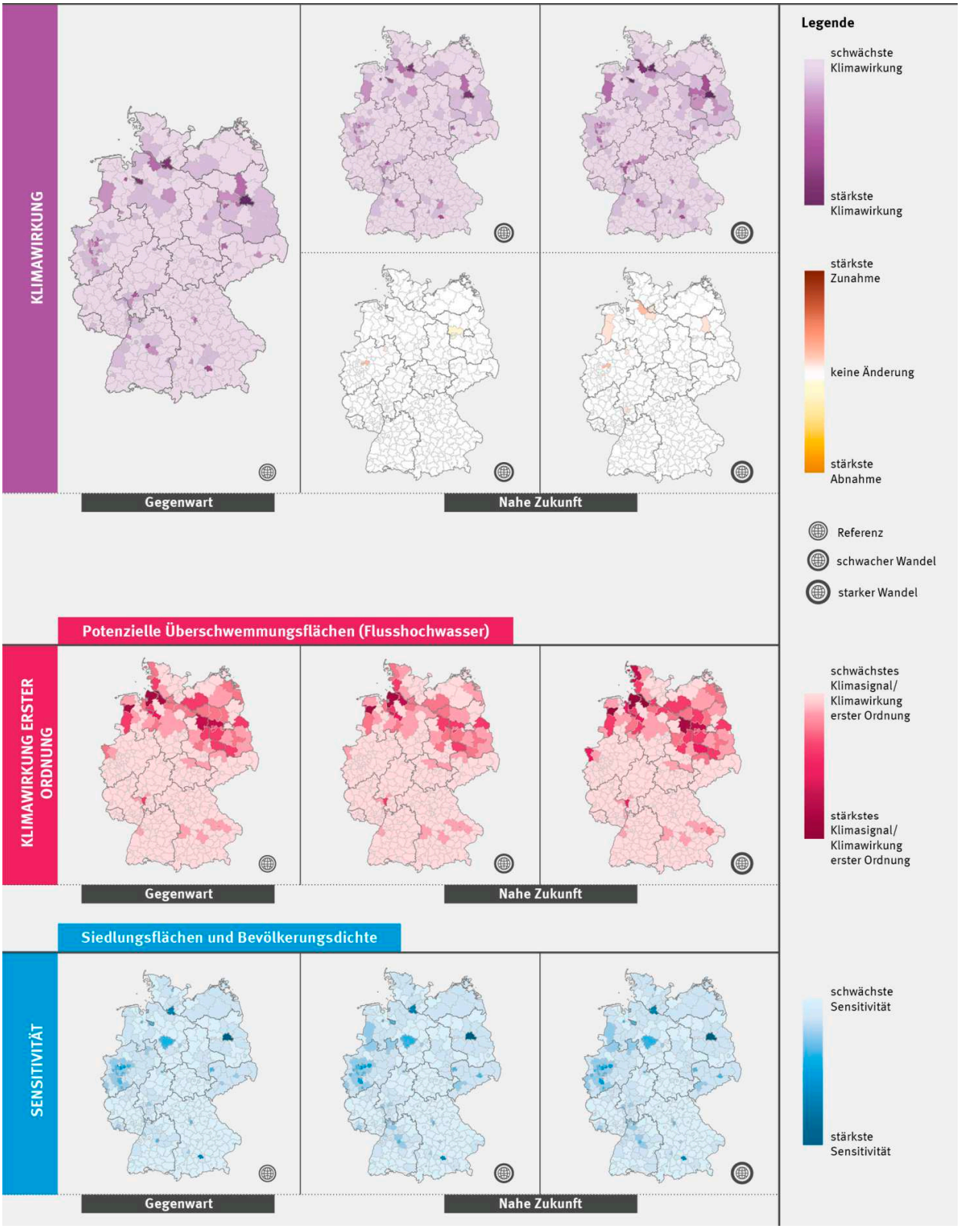


Tabelle 10: Klimawirkungen im Handlungsfeld „Bauwesen“

Bauwesen					
Zentrale Klimasignale:	Meeresspiegelanstieg	Temperatur	Hitze	Extremereignisse	
Zentrale Sensitivitäten:	Lage und Zustand von Gebäuden und Infrastrukturen, Bevölkerungsdichte und Anteil älterer Menschen				
Handlungsfeldspezifische Anpassungskapazität:	mittel				

Klimawirkung	**Klimasignale**	**Bedeutung**		**Gewissheit/ Analysemethode**
Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch Sturmfluten	Meeresspiegelanstieg, Sturmfluten	Gegenwart		Gering / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: + bis ++		
Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch Flusshochwasser und Sturzfluten	Flusshochwasser, Sturzfluten	Gegenwart		Mittel bis hoch / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: +		
Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch Starkwind	Starkwind	Gegenwart		Gering / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~		
Stadtklima und Luftqualität	Hitze	Gegenwart		Mittel bis hoch / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Innenraumklima und Kühlung	Hitze	Gegenwart		Mittel bis hoch / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		

Legende

Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland:

- gering
- mittel
- hoch

Entwicklung der Klimasignale bis zum Ende des Jahrhunderts (ferne Zukunft):

- ++ starke Änderung
- \+ Änderung
- ~ ungewiss

2.10 Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“

Extreme Wetterereignisse können Produktions- und Logistikprozesse unterbrechen und dadurch hohe ökonomische Schäden verursachen. Auf global vernetzte Unternehmen können sich Störungen bei Zulieferern und Kunden in anderen Ländern auswirken. Die graduelle Erhöhung der Temperatur, die der Klimawandel verursacht, beeinflusst direkt den Bedarf sowie die Verfügbarkeit von Wasser und anderen Ressourcen – und damit wesentliche Inputfaktoren der industriellen Produktion.

Wie stark sich solche potenziellen Störungen auf Industrien auswirken, hängt vorrangig von sozioökonomischen Faktoren ab. Dazu gehören der Rohstoffeinsatz, die (globale) Vernetzung der Wertschöpfungsketten sowie die Abhängigkeit von Logistikprozessen. Entscheidend für den Grad der Sensitivität sind vor allem folgende Punkte: die Lage von Betriebsanlagen und Infrastrukturen in durch Extremwetter gefährdeten Gebieten, ein hoher Wasser- und Energiebedarf für Produktionsprozesse sowie eine Just-in-Time-Produktion, die über keine oder nur eine geringe Lagerhaltung von Produktionsinputs verfügt.

Für Deutschland bedeutende Wirkungen des Klimawandels sind vor allem Beeinträchtigungen des landgestützten Warenverkehrs. Überschwemmungen durch Flusshochwasser können diesen besonders in den Einzugsgebieten von Elbe, Ems, Weser und Main beeinträchtigen. In fast ganz Mittel- und Süddeutschland können Sturzfluten zu Störungen führen. Dies gilt sowohl für die Gegenwart als auch die nahe Zukunft. Die stark gefährdeten Gebiete liegen in den Alpen, im Alpenvorraum und in den Mittelgebirgen. Bei einem starken Wandel in naher und insbesondere in ferner Zukunft können primär an der Nordseeküste Sturmfluten die Verkehrsinfrastruktur beschädigen. Bereits heute ist es möglich, dass – vor allem an den Küsten – Starkwinde den landgestützten Warenverkehr stören (siehe Abbildung 13). Solche Behinderungen des Landverkehrs in Küstennähe sind vor allem für all jene Unternehmen von großer Bedeutung, die die Häfen als Umschlagplatz für Vorprodukte und Waren nutzen. Auch Ballungsgebiete sind durch ihre dichte Verkehrsinfrastruktur besonders empfindlich.

Klimatisch bedingte Extremereignisse, wie Überschwemmungen durch Flusshochwasser, können gefährliche Stoffe freisetzen. Diese Gefährdung besteht bereits heute und kann in naher Zukunft wachsen. Standorte der chemischen Industrie sind potenzielle Quellen solcher gefährlicher Stoffe. Auch Klärwerke können gesundheitsgefährdende Stoffe freisetzen, wenn sie überschwemmt werden. Gefährdet sind vor allem Klärwerke in den potenziellen Überschwemmungsgebieten der Flusseinzugsgebiete von Elbe, Weser und Donau. Bei einem starken Wandel und in ferner Zukunft wäre künftig zunehmend auch das Rheintal betroffen.

Da bei einem starken Wandel erwartet wird, dass Extremwettereignisse in ihrer Häufigkeit und Intensität zunehmen, können Schäden an der betrieblichen Infrastruktur, wie Firmengebäuden, Betriebsanlagen und Fahrzeugen, sowie Beeinträchtigungen von Produktionsprozessen und Logistik an Bedeutung gewinnen. Da dies auch international zu erwarten ist, steigt gleichzeitig der Planungsbedarf von Unternehmen, die eigenen Standorte und auch Zulieferer hinsichtlich möglicher Auswirkungen des Klimawandels zu überprüfen. Ein Risikomanagement kann dann mögliche Beeinträchtigungen minimieren.

Die graduellen Änderungen von Temperatur und Niederschlag wirken sich vor allem auf den Ressourceneinsatz aus. Bereits heute hat der Südwesten Deutschlands einen – im bundesweiten Vergleich – hohen Bedarf an Kühlenergie. Ursache dafür ist die wirtschaftliche Stärke der Region. Bei einem schwachen Wandel kann in naher Zukunft in den Alpen sowie im Alpenvorland der Kühlenergiebedarf der Unternehmen durch einen vergleichsweise hohen Temperaturanstieg zunehmen. Bei einem starken Wandel und in ferner Zukunft ist zu erwarten, dass in ganz Deutschland der Kühlenergiebedarf erheblich wächst. Dies kann insbesondere dann zu Produktionseinschränkungen führen, wenn die Verfügbarkeit von Energie durch den Klimawandel beeinträchtigt wird (siehe Handlungsfeld Energie).

Auch die Verfügbarkeit von Wasser für die industrielle Produktion kann langfristig durch den Klimawandel beeinträchtigt werden. Jenseits von Hitzewellen sind in naher Zukunft jedoch noch keine schwerwiegenden Änderungen des Wasserdargebots (siehe Handlungsfeld Wasser) zu erkennen.

Der Klimawandel wird sich auch auf die Absatzmärkte deutscher Unternehmen auswirken, vor allem über strengere Klimaschutzregelungen. Hierin können aber auch Chancen liegen, wenn die Unternehmen rechtzeitig in innovative Klimaschutz- und Klimaanpassungstechnologien investieren und ihre Produkte und Dienstleistungen entsprechend ausgestalten.

Die bedeutendsten Klimawirkungen

In naher Zukunft können die Beeinträchtigung des landgestützten Warenverkehrs durch klimatisch bedingte Extremereignisse große Auswirkungen auf die wirtschaftliche Leistung von Industrie und Gewerbe haben (mittlere bis hohe Gewissheit). Bereits gegenwärtig besteht die Gefahr einer möglichen Freisetzung von gefährlichen Stoffen durch klimatisch bedingte Extremereignisse (geringe Gewissheit). Die durch Überschwemmungen und Überflutungen erzeugten Schadensgefahren können in ferner Zukunft noch ansteigen.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass im Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“ ausreichend Möglichkeiten und Ressourcen zur Verfügung stehen, um sich an die Folgen des Klimawandels anzupassen. Es gibt jedoch Unterschiede zwischen einzelnen Branchen und Unternehmenstypen.

Vulnerabilität

Da Industrie und Gewerbe eine hohe Anpassungskapazität besitzen, wird die Vulnerabilität des Handlungsfeldes trotz der teilweise hohen Schadenspotentiale insgesamt als gering eingestuft.

Tabelle 11 fasst die Auswirkungen des Klimawandels in diesem Bereich zusammen.

Abbildung 13: Klimawirkung „Beeinträchtigung des landgestützten Warenverkehrs“ basierend auf dem Indikator „Potenzielle Schäden an Verkehrsinfrastrukturen durch Starkwind“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)

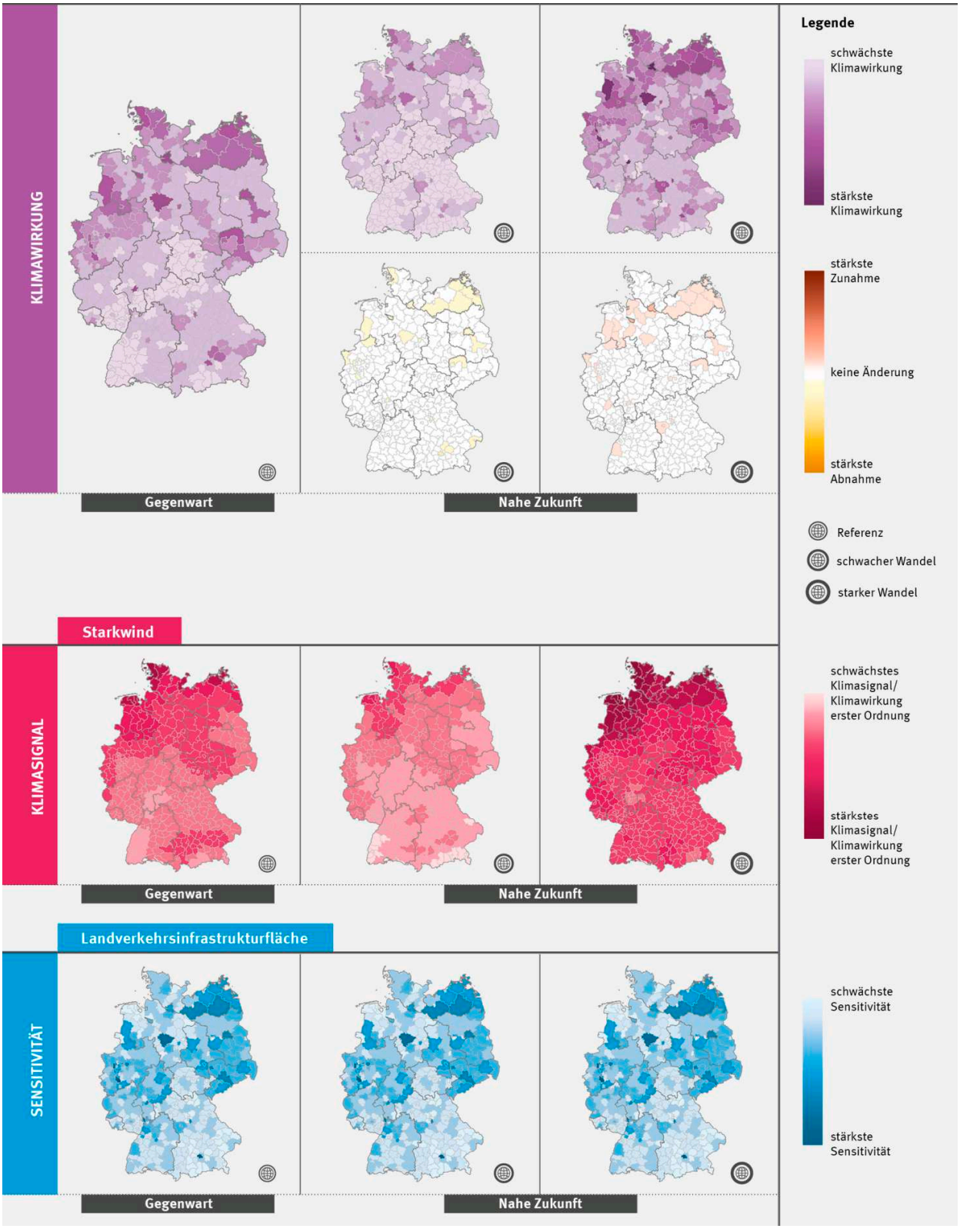


Tabelle 11: Klimawirkungen im Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“

Industrie und Gewerbe				
Zentrale Klimasignale:	Temperatur	Flusshochwasser	Extremereignisse	Globaler Klimawandel
Zentrale Sensitivitäten:	Lage von Betriebsanlagen und Infrastrukturen, Wasser- und Energiebedarf von Produktionsprozessen, Just-in-Time-Produktion			
Handlungsfeld Anpassungskapazität:	hoch			

Klimawirkung	**Klimasignale**	**Bedeutung**		**Gewissheit/ Analysemethode**
Gefahr einer möglichen Freisetzung von gefährlichen Stoffen	Flusshochwasser	Gegenwart		Gering / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: +		
Schäden an gewerblicher und industrieller Infrastruktur durch klimatisch bedingte Extremereignisse	Flusshochwasser, Schneefall, Starkwind, Sturmfluten, Sturzfluten	Gegenwart		Mittel bis hoch / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~ bis +		
Beeinträchtigung des landgestützten Warenverkehrs	Flusshochwasser, Starkwind, Sturmfluten, Sturzfluten	Gegenwart		Mittel bis hoch / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~ bis +		
Beeinträchtigung von Produktionsprozessen und Logistik	Feuchtigkeit, Flusshochwasser, Niederschlag, Schneefall, Starkwind, Sturmfluten, Sturzfluten, Temperatur	Gegenwart		Mittel bis hoch / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~ bis ++		
Beeinträchtigung der Produktion aufgrund von Wasserknappheit	Niederschlag, Temperatur, Trockenheit	Gegenwart		Mittel bis hoch / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Energieverbrauch für Kühlung	Hitze, Temperatur	Gegenwart		Mittel bis hoch / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Verfügbarkeit von Energie	Globaler Klimawandel	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		

Klimawirkungen auf Absatzmärkte	Globaler Klimawandel	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Planungsprozesse für Betriebsabläufe	Globaler Klimawandel	Gegenwart		Mittel bis hoch / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		

Legende

Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland:	Entwicklung der Klimasignale bis zum Ende des Jahrhunderts (ferne Zukunft):
■ gering	++ starke Änderung
■ mittel	+ Änderung
■ hoch	~ ungewiss

2.11 Handlungsfeld „Energiewirtschaft“

Graduelle und extreme Temperaturänderung beeinflussen die Energiewirtschaft beispielweise durch die Verfügbarkeit von Kühlwasser für thermische Kraftwerke und die Nachfrage nach Energie für die Kühlung oder Beheizung von Gebäuden. Ändert sich das Windangebot, hat dies Einfluss auf die Stromerzeugung durch Windenergieanlagen an Land und an See. Überschreiten Stürme und Starkwinde kritische Schwellenwerte, führt dies zum Abschalten von Anlagen. Wetterextreme – wie Flusshochwasser, Sturmfluten oder Sturzfluten – sind in der Lage, Kraftwerke, Erzeugungsanlagen und Leitungsnetze zu beschädigen. Dies wiederum kann Störungen oder sogar Ausfälle der Energieversorgung verursachen.

Wie sich der Klimawandel auf die Energiewirtschaft auswirkt, hängt maßgeblich davon ab, wie sich die heutige und künftige Energieinfrastruktur zusammensetzt. Eine zentrale Rolle spielen dabei technische Aspekte, zum Beispiel die Kühltechnologie, die in thermischen Kraftwerken verwendet wird, oder die Stabilität von Windkraftanlagen. Ebenso wichtig ist die räumliche Verteilung der Energieinfrastruktur, beispielsweise ob thermische Kraftwerke in Regionen stehen, wo sie besonders von Kühlwassermangel oder Überschwemmungen betroffen sein können. Relevant sind zudem das Verhalten der Endverbraucher sowie die Verbreitung energieeffizienter oder -intensiver Technologien, etwa Raumklimageräte. Weiterhin ist die räumliche Verteilung von Nachfragezentren ein wichtiger Einflussfaktor für die regionale Empfindlichkeit der Energiewirtschaft.

Bereits gegenwärtig wirken sich Extremwetterereignisse auf die Verfügbarkeit von Kühlwasser für thermische Kraftwerke aus, wie während der Hitzewellen im Sommer 2003 und 2006. Damals traten an mehreren thermischen Kraftwerken Leistungsminderungen aufgrund von Kühlwassermangel auf. 2006 stiegen als Folge auf dem deutschen Strommarkt die Preise zu Spitzenlastzeiten um über elf Prozent[93]. Durch den Umbau der Kraftwerke, insbesondere die Abschaltung der Kernkraftwerke, und den Ausbau erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen können solche Ereignisse in naher Zukunft seltener werden. Gleichzeitig steigt bei einem starken Wandel die Wahrscheinlichkeit des Auftretens extremer Hitzewellen, sodass Kühlwassermangel für thermische Kraftwerke auch in Zukunft von Bedeutung bleiben kann. Insbesondere für Kraftwerke mit Durchlaufkühlung in der Region Rhein-Main-Neckar sowie im Bereich der Oberweser wäre bei einem starken Wandel eine stärkere Betroffenheit zu erwarten.

Ein weiteres Beispiel für beobachtete Beeinträchtigungen im Energiesektor findet sich im Münsterland. Dort haben kombinierte Wind-, Schnee- und Eislasten im Winter 2005 zu umfangreichen Schäden und lokalen

[93] Pechan, Anna; Eisenack, Klaus (2014): The impact of heat waves on electricity spot markets. Energy Economics 43, S. 63–71.

Stromausfällen geführt[94]. Die Bedeutung möglicher Schäden an Leitungsnetzen ist bisher gering und wird voraussichtlich auch in Zukunft gering bleiben. Allein für oberirdische Freileitungen, also für das Übertragungsnetz, ist unter Annahme eines starken Wandels in naher Zukunft sowie in der fernen Zukunft aufgrund einer erwarteten starken Zunahme der Häufigkeit und Intensität extremer Wetterereignisse eine leicht stärkere Betroffenheit möglich.

Potenzielle Schäden an Kraftwerken und Erzeugungsanlagen durch Flusshochwasser sind vor allem im Süden Deutschlands sowie in einzelnen Kreisen in Niedersachsen zu erwarten. Potenzielle Schäden durch Sturmfluten sind vor allem in küstennahen Kreisen nördlich der Elbe möglich. Bei einem starken Wandel sowie gegen Ende des Jahrhunderts ist damit zu rechnen, dass Häufigkeit und Intensität extremer Wetterereignisse zunehmen. Dies würde die Gefahr potenzieller Schäden ebenfalls erhöhen. Unter Annahme eines starken Wandels können neben Kreisen entlang der Elbe außerdem Kreise im Bereich der Unter- und Außenweser durch Sturmfluten betroffen sein.

Eine Zunahme des Windangebots führt prinzipiell auch zu einer Zunahme der Stromerzeugung aus Windenergieanlagen. Allerdings ist es noch nicht projizierbar, wie sich die Windverhältnisse in Zukunft entwickeln werden. Dies trifft auch auf das Windangebot auf See in den Höhen zu, die für Offshore-Anlagen relevant sind.

Niedrigwasser sowie abnehmende Durchflussmengen und -geschwindigkeiten können sich negativ auf die Stromerzeugung mit Wasserkraftanlagen auswirken. Derzeit ist die Bedeutung der Stromerzeugung mit solchen Anlagen für die Energiewirtschaft gering. In naher Zukunft kann es in dem für die Wasserkrafterzeugung besonders relevanten Süden Deutschlands zu leicht verringertem Durchfluss kommen (siehe Handlungsfeld Wasser). Bis zum Ende des Jahrhunderts kann eine häufigere Sommertrockenheit das Wasserkraftpotential weiter vermindern.

Temperaturänderungen tragen dazu bei, dass im Sommer – insbesondere in Ballungsgebieten – die Nachfrage nach Kühlenergie voraussichtlich wachsen wird. Große Unsicherheiten bestehen hinsichtlich der weiteren Verbreitung von Raumklimageräten, die in Deutschland derzeit noch sehr gering ist. Während im Sommer mit einer Zunahme der Nachfrage nach Energie zu rechnen ist, ist im Winter davon auszugehen, dass der Bedarf an Heizenergie bis zur Mitte des Jahrhunderts im Falle eines starken Wandels und insbesondere bis zum Ende des Jahrhunderts deutlich abnehmen wird (siehe Abbildung 14).

Die bedeutendsten Klimawirkungen

Durch angenommene technologische Entwicklungen und strukturelle Umgestaltung in der Energiewirtschaft können in naher Zukunft die Gefährdungen durch Auswirkungen des Klimawandels auf die Energiewirtschaft im geringen bis mittleren Bereich gehalten werden. Für den Kühlwasserbedarf von thermischen Kraftwerken ist in der Gegenwart ein mittleres Schadenspotential erkennbar (mittlere bis hohe Gewissheit). Die Schadenspotentiale für Kraftwerke und Erzeugungsanlagen können in naher Zukunft deutlich ansteigen (geringe Gewissheit). Der veränderte Bedarf nach Kühl- oder Heizenergie würden bei einem starken Temperaturanstieg die Energiewirtschaft im Sommer belasten (geringe Gewissheit) bzw. im Winter (mittlere bis hohe Gewissheit) entlasten.

Zentral für die künftige Entwicklung der Energiewirtschaft sind die Energiewende und die damit einhergehenden strukturellen Änderungen. Dazu gehören auch der Ausbau der Stromnetze sowie sich ändernde Rahmenbedingungen, etwa durch das EEG oder durch die Einführung neuer Marktmechanismen. Der Klimawandel und seine möglichen Folgen stellen dabei zusätzliche Herausforderungen dar. Kommt es – etwa durch eine Hitzewelle – zu einem zeitlich und räumlich gleichzeitigen Auftreten von Produktionseinschränkungen und Nachfragesteigerungen, so kann dies die Energiewirtschaft belasten. Generell ist die Energiewirtschaft aufgrund von umfangreichen technischen Möglichkeiten und ausreichenden personellen und finanziellen Ressourcen in der Lage, mit langfristigen Herausforderungen umzugehen. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dass die derzeit und in Zukunft stattfindenden umfangreichen strukturellen Änderungen dazu führen, dass der Energiesektor zukünftig anfälliger für klimabedingte Störungen ist oder die Anpassungsfähigkeit sinkt.

[94] Bundesnetzagentur (2006): Untersuchungsbericht über die Versorgungsstörungen im Netzgebiet des RWE im Münsterland vom 25.11.2005

Vulnerabilität

Aufgrund der hohen Anpassungskapazität und der relativ geringen Auswirkung ist die Vulnerabilität der Energiewirtschaft gegenüber dem Klimawandel insgesamt als gering einzuschätzen.

Eine Übersicht über die Auswirkungen des Klimawandels auf das Handlungsfeld „Energiewirtschaft“ bietet Tabelle 12.

Abbildung 14: Klimawirkung „Bedarf an Heizenergie“ basierend auf dem Indikator „Potenzieller Heizenergiebedarf“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)

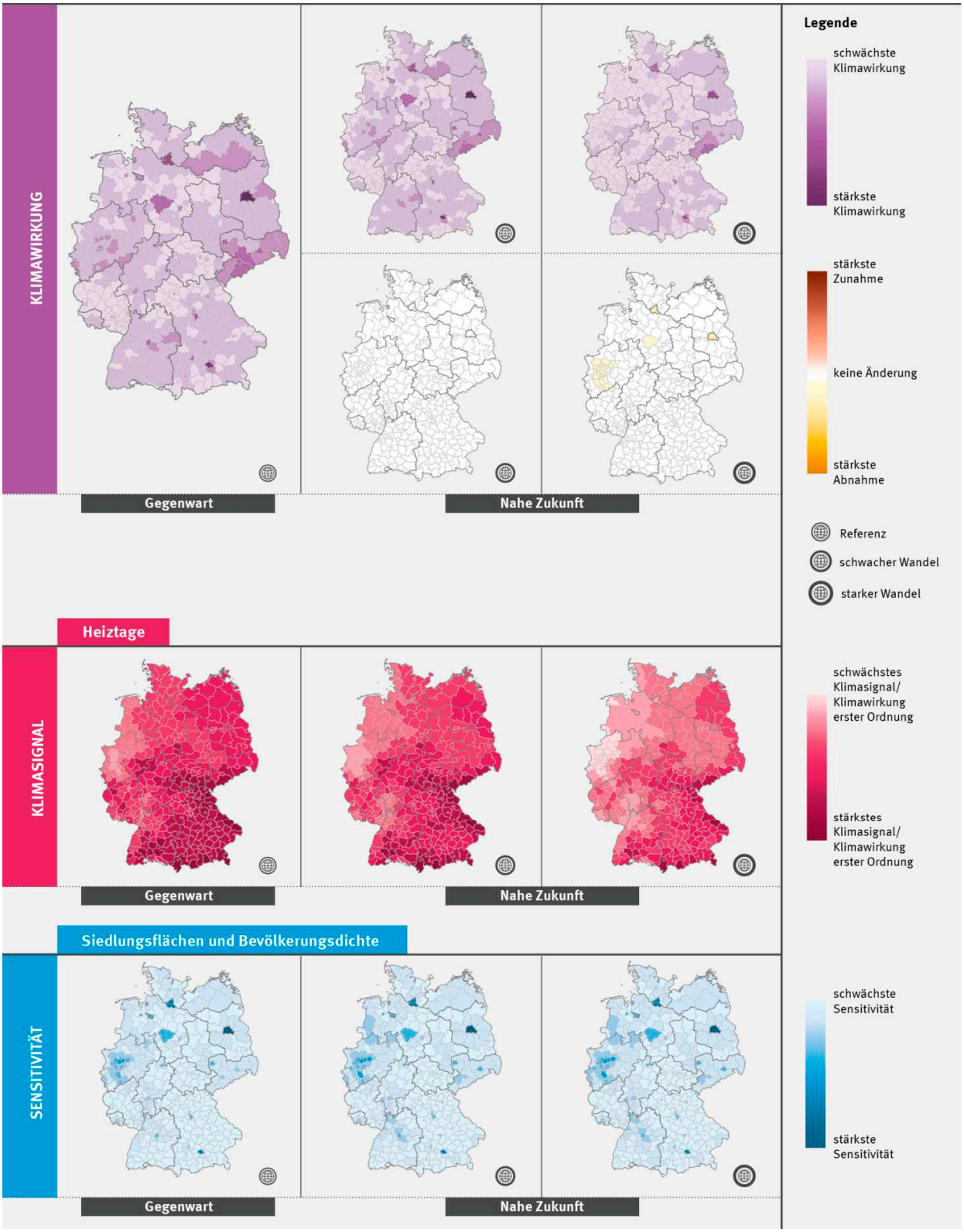


Tabelle 12: Klimawirkungen im Handlungsfeld „Energiewirtschaft“

Energiewirtschaft				
Zentrale Klimasignale:	Temperatur	Flusshochwasser	Wind	Extremereignisse
Zentrale Sensitivitäten:	Lage und Leistung von Kraftwerken, Lage von empfindlichen Infrastrukturen wie Kraftwerken und Erzeugungsanlagen			
Handlungsfeld Anpassungskapazität:	hoch			

Klimawirkung	**Klimasignale**	**Bedeutung**		**Gewissheit/ Analysemethode**
Bedarf an Heizenergie	Temperatur	Gegenwart		Mittel bis hoch / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Bedarf an Kühlenergie	Hitze, Temperatur	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Wasserkraft	Niederschlag, Temperatur, Trockenheit	Gegenwart		Mittel bis hoch / Wirkmodell
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Kühlwasser für thermische Kraftwerke	Hitze, Niederschlag, Temperatur, Trockenheit	Gegenwart		Mittel bis hoch / Wirkmodell
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Windenergienutzung an Land und auf See	Starkwind, Wind	Gegenwart		Gering / Wirkmodell, Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~		
Schäden an Kraftwerken und Erzeugungsanlagen	Blitz, Flusshochwasser, Schneefall, Starkwind, Sturmfluten	Gegenwart		Gering / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~ bis +		
Schäden an Leitungsnetzen	Blitz, Flusshochwasser, Schneefall, Starkwind, Sturmfluten	Gegenwart		Mittel bis hoch / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~ bis +		

Zuverlässigkeit der Energieversorgung	Blitz, Flusshochwasser, Hitze, Niederschlag, Schneefall, Starkwind, Sturmfluten, Temperatur	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~ bis ++		

Legende

Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland:
- gering
- mittel
- hoch

Entwicklung der Klimasignale bis zum Ende des Jahrhunderts (ferne Zukunft):
- ++ starke Änderung
- + Änderung
- ~ ungewiss

2.12 Handlungsfeld „Tourismuswirtschaft“

Klima und Wetter sind wichtige Faktoren für die Tourismuswirtschaft: Sie bestimmen die Länge und Qualität der Tourismussaison und beeinflussen entscheidend die Wahl des Urlaubsorts. Extreme Wetterereignisse können zudem das Landschaftsbild verändern und die touristische Infrastruktur treffen, beispielsweise Rad- und Wanderwege, Hotels und Campingplätze. Die dabei entstandenen Schäden können wiederum Betriebsunterbrechungen und Umsatzeinbußen bewirken.

Entscheidend für das Ausmaß der Betroffenheit gegenüber den Folgen des Klimawandels ist vor allem die geographische Lage der Anbieter touristischer Leistungen, wie etwa Hotels und Seilbahnbetreiber. Insbesondere Anbieter, die in extremwettergefährdeten Gebieten liegen oder Wintersport in niedrigeren Höhen offerieren, reagieren potenziell empfindlich auf den Klimawandel.

Bei der saisonalen und regionalen Nachfrage für den Sommertourismus profitieren gegenwärtig vor allem Süd- und Ostdeutschland von einer hohen Zahl an Badetagen. Ein schwacher Wandel in der nahen Zukunft würde diese Zahl leicht sinken lassen oder ohne Folgen bleiben – vermutlich aufgrund einer Zunahme des Bewölkungsgrads. Bei einem starken Wandel kann sich hingegen die Badesaison flächendeckend verlängern (siehe Abbildung 15). In ferner Zukunft dürfte sich dieser Trend sogar noch intensivieren, wenn die Temperatur – wie projiziert – insbesondere gegen Ende des Jahrhunderts weiter steigt.

Eine hohe Anzahl heißer Tage kann dazu führen, dass sich die Hauptreisezeiten verstärkt in die Vor- und Nebensaison verlagern. Bei einem starken Wandel wären neben den schon gegenwärtig betroffenen Kurorten im Südwesten selbst Kurorte in den Mittelgebirgen, Alpen sowie im Küstenraum von einer hohen Zahl heißer Tage betroffen. Dieser Trend kann sich in ferner Zukunft noch deutlich verstärken.

Beim Wintersporttourismus profitieren derzeit vor allem der Alpenraum sowie einzelne Mittelgebirgsregionen davon, dass – an vergleichsweise vielen Tagen – ausreichend Schnee zum Skifahren liegt. Bei einem künftigen starken Wandel kann sich die Wintersportsaison flächendeckend weiter verkürzen oder noch stärker in höhere Lagen verschieben. Dann ist damit zu rechnen, dass die Zahl der Tage mit einer Schneedecke von über 30 Zentimetern erheblich sinkt. Dieser Rückgang kann sich in ferner Zukunft weiter verstärken.

Wintersportgebiete sind zusätzlich besonders betroffen von veränderten Anforderungen an touristische Infrastruktur. Wenn die Schneesicherheit abnimmt, entsteht für die Anbieter bereits in der nahen Zukunft – gerade bei einem starken Wandel – die Herausforderung, ihr Angebot zu diversifizieren und um andere Marktsegmente zu erweitern, wie etwa Wellnessangebote.

Betriebsunterbrechungen können durch Sturmfluten an der Küste sowie Starkregen und damit verbundene Sturzfluten und Flusshochwasser entstehen. Auch eine Verschlechterung des Zustands von Badegewässern aufgrund von beispielsweise Blaualgen oder Quallen kann zu zeitlichen Betriebsunterbrechungen speziell im Badetourismus führen.In der Gegenwart sind von Flusshochwasser vor allem Landkreise in norddeutschen Tiefland betroffen. In den Küstenlandkreisen können sich in Schleswig-Holstein, Mecklenburg Vorpommern und Hamburg Sturmfluten auswirken und das südliche Bayern und südwestliche Baden-Württemberg ist von Sturzfluten bedroht. In der nahen Zukunft blieben diese Muster, im Falle eines geringen Wandels, unverän-

dert, während bei einem starken Wandel auch Küstengebiete in Niedersachsen sowie Bremen von Sturmfluten betroffen wären. Betriebsunterbrechungen im Badetourismus aufgrund sinkender Wasserqualität sind in der Gegenwart gering ausgeprägt, können aber in naher Zukunft vor allem kleine Seen und die Küsten betreffen. Dieser Trend nimmt bei einem schwachen Wandel und in ferner Zukunft vermutlich weiter zu.

Die bedeutendsten Klimawirkungen

Der Klimawandel bedeutet für die Tourismuswirtschaft in Deutschland vor allem, dass sich die Hauptreisezeiten sowie die regionale Nachfrage verschieben (geringe Gewissheit) und die Anforderungen an die touristische Infrastruktur wandeln werden (mittlere bis hohe Gewissheit). Dies kann in Zukunft vor allem die Wintersportregionen vor große Herausforderungen stellen. Die Bedeutung der Klimawirkungen für den Tourismus in Deutschland wird für die Gegenwart oder die nahe Zukunft als gering bis mittel eingeschätzt.

Die Möglichkeiten, sich an den Klimawandel anzupassen, werden für das Handlungsfeld „Tourismuswirtschaft“ aufgrund vielfältiger Handlungsoptionen als mittel bis hoch eingeschätzt. Dabei ist zu beachten, dass sich zwischen den Akteuren die Optionen deutlich unterscheiden: Reiseveranstalter und -büros können relativ flexibel ihre Angebote den klimatischen Veränderungen entsprechend anpassen oder erweitern. Dagegen ist es für lokale Veranstalter und Beherbergungsbetriebe, die mit ihren touristischen Angeboten und Leistungen an eine bestimmte Region gebunden sind, deutlich schwieriger zu reagieren.

Vulnerabilität

Da der Klimawandel in einzelnen Tourismussegmenten, wie dem Wintersport, relativ deutlich spürbar sein wird, ergibt sich bei mittlerer bis hoher Anpassungskapazität für die nahe Zukunft eine geringe bis teilweise mittlere Vulnerabilität für das Handlungsfeld „Tourismuswirtschaft“.

Tabelle 13 fasst die Auswirkungen des Klimawandels auf die Tourismuswirtschaft zusammen.

Abbildung 15: Klimawirkung „Saisonale und regionale Nachfrageverschiebung“ basierend auf Modellergebnissen zur „Durchschnittliche Anzahl der Badetage pro Saison“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)

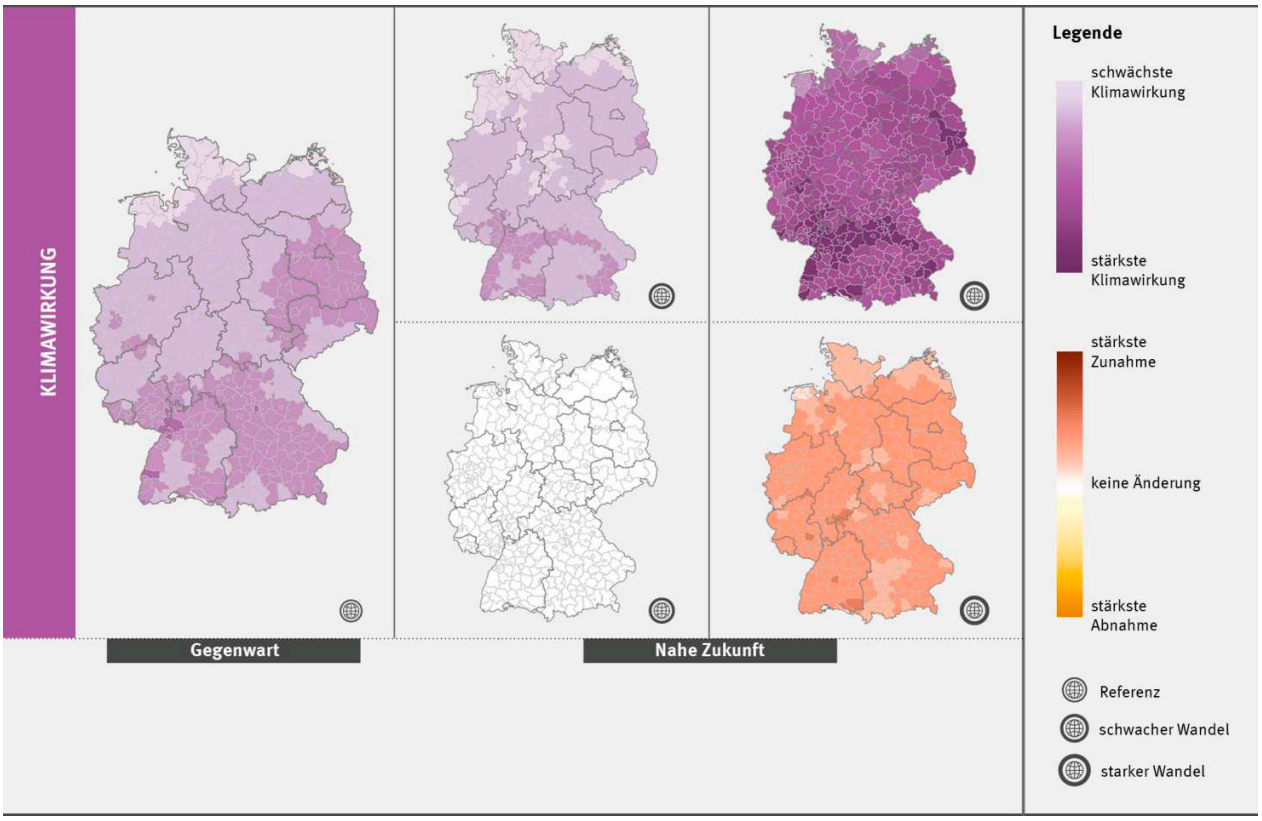


Tabelle13: Klimawirkungen im Handlungsfeld „Tourismuswirtschaft“

Tourismuswirtschaft				
Zentrale Klimasignale:	Temperatur	Schnee	Niederschlag	Extremereignisse
Zentrale Sensitivitäten:	Anzahl der Gästeübernachtungen, räumliche Lage touristischer Anbieter			
Handlungsfeldspezifische Anpassungskapazität:	mittel bis hoch			

Klimawirkung	**Klimasignale**	**Bedeutung**		**Gewissheit/ Analysemethode**
Betriebsunterbrechungen	Flusshochwasser, Sturmfluten, Sturzfluten, Temperatur	Gegenwart		Gering / Indikatoren und Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: + bis ++		
Saisonale und regionale Nachfrageverschiebung	Feuchtigkeit, Hitze, Niederschlag, Schneefall, Strahlungsänderung, Temperatur	Gegenwart		Gering / Wirkmodell und Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~ bis ++		
Klimabedingte Anforderungen an touristische Infrastruktur	Feuchtigkeit, Hitze, Niederschlag, Schneefall, Strahlungsänderung, Temperatur	Gegenwart		Mittel bis hoch / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~ bis ++		

Legende

Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland:
- gering
- mittel
- hoch

Entwicklung der Klimasignale bis zum Ende des Jahrhunderts (ferne Zukunft):
- ++ starke Änderung
- + Änderung
- ~ ungewiss

2.13 Handlungsfeld „Finanzwirtschaft“

Der Klimawandel betrifft die Finanzwirtschaft, d. h. die Versicherungs- und Kreditwirtschaft, meist nur indirekt. Extreme Wetterereignisse gefährden bestehende Investitionen und Vermögenswerte. Schäden an versicherten Werten können zu hohen Risiken für die Versicherungswirtschaft führen, insbesondere bei Gebäuden, Fahrzeugen, gewerblichen Anlagen und Hausrat. Extreme Wetterereignisse, aber auch graduelle Veränderungen von Temperatur und Niederschlägen, können zudem die Kreditwirtschaft betreffen – wenn als Folge bei Krediten und Investitionen die Ausfallquoten steigen. So können sich beispielsweise Investitionen in touristische Infrastrukturen für den Wintersport in deutschen Mittelgebirgen bei einem Anstieg der Temperatur als unrentabel erweisen (siehe Handlungsfeld Tourismus).

Wie stark der Klimawandel auf die Versicherungswirtschaft wirkt, hängt maßgeblich davon ab, wie hoch die Gesamtsumme der versicherten Werte in gefährdeten Gebieten ist. Sturmschäden sind in Deutschland nahezu flächendeckend versichert. Bei Schäden, die durch Überschwemmungen entstehen, gilt dies bislang nur für einen begrenzten Anteil an Gebäuden und Hausrat. Die Kreditwirtschaft ist dann berührt, wenn Kredite und Investitionen erhöhten Risiken ausgesetzt sind, beispielsweise in überschwemmungsbedrohten Bereichen.

Im Handlungsfeld „Finanzwirtschaft“ ist die Versicherungswirtschaft bereits heute deutlich durch klimatisch bedingte Extremereignisse betroffen. Vor allem Stürme, einschließlich Hagel, und Überschwemmungen durch Flusshochwasser sind von zentraler Bedeutung, da sie die höchsten Schäden verursachen. Beispiele dafür sind das Hochwasser entlang der Elbe sowie die heftigen Sommer-Hagelstürme im Jahre 2013. Beide Ereignisse verursachten Versicherungskosten in Höhe von zwei bis drei Milliarden Euro. Der in den vergangenen Jahren beobachtete Anstieg der Schadenssummen ist vor allem auf einen Anstieg der versicherten Werte in gefährdeten Gebieten zurückzuführen. Gleichzeitig stieg mit zunehmender Erfahrung mit Extremereignissen auch die Vorsorge und Bewältigungskapazität von Bevölkerung und öffentlicher Hand.

Vor allem bei einem starken Wandel ist davon auszugehen, dass – insbesondere gegen Ende des Jahrhunderts – die Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen deutlich zunimmt. Damit werden auch die Schäden deutlich steigen. Zukünftige Schäden durch Flusshochwasser können beispielweise im Vergleich zum Zeitraum 1961-2000 in den großen deutschen Flusseinzugsgebieten um 84 Prozent (2011-2040), um 91 Prozent (2041-2079) beziehungsweise um 114 Prozent (2071-2100) ansteigen[95].

Zunehmende Schäden können sich auf die Ausfallquoten von Krediten und Investitionen und damit auf die Bankenwirtschaft auswirken. In Deutschland wird der Klimawandel von den Banken bislang jedoch kaum als Risiko wahrgenommen oder im Rahmen der Kreditvergabe noch nicht systematisch berücksichtigt. Es liegen bisher kaum Erkenntnisse darüber vor, welche Auswirkung der Klimawandel tatsächlich auf das Kreditausfallrisiko der Banken hat.

Es wird nur mit geringen Folgen für die Finanzwirtschaft in Deutschland gerechnet. Als Grund dafür gilt vor allem deren ausgeprägte Fähigkeit, auf häufigere und intensivere Extremereignisse zu reagieren. So verfügt die Versicherungswirtschaft in Deutschland über ein vergleichsweise hohes Problembewusstsein hinsichtlich der Folgen des Klimawandels und ein bestehendes Risikomanagement. Zudem kann sie durch kurze Vertragslaufzeiten sehr flexibel auf klimatische Veränderungen reagieren. Selbst bei einem starken Klimawandel ist davon auszugehen, dass sie auch weiterhin Policen gegen Naturgefahren anbieten kann. Zur Abfederung von Großschäden durch Extremwetterereignisse besteht zudem ein globaler Markt für Rückversicherungen, über die sich einzelne Versicherer ihrerseits absichern können. Auch die Kreditwirtschaft kann sich bei Bedarf gegenüber Ausfällen bei Krediten und Investitionen finanziell absichern und verfügt über Risikomanagementsysteme.

Die bedeutendsten Klimawirkungen

Obwohl die Versicherungswirtschaft von klimatisch bedingten Extremereignissen bereits gegenwärtig betroffen ist, werden die Klimawirkungen für die gesamte Finanzwirtschaft in Deutschland für die Gegenwart und die nahe Zukunft als gering bis mittel eingeschätzt. Nur bei einem starken Wandel in naher Zukunft werden bedeutende Klimawirkungen für die Versicherungswirtschaft erwartet (mittlere bis hohe Gewissheit).

Vulnerabilität

Aufgrund der hohen Anpassungskapazität der Finanzwirtschaft wird deren Vulnerabilität gegenüber möglichen Folgen des Klimawandels für die nahe Zukunft als gering eingeschätzt.

Eine Übersicht über die Auswirkungen des Klimawandels auf das Handlungsfeld „Finanzwirtschaft“ bietet Tabelle 14.

[95] Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (2011): Auswirkungen des Klimawandels auf die Schadensituation in der deutschen Versicherungswirtschaft. Kurzfassung Hochwasser. http://www.gdv.de/wp-content/uploads/2012/01/Klimakonferenz_2011_PIK_Studie_Hochwasser.pdf. aufgerufen am: 09.10.2014.

Tabelle 14: Klimawirkungen im Handlungsfeld „Finanzwirtschaft“

Finanzwirtschaft					
Zentrale Klimasignale:	Temperatur	Meeresspiegelanstieg	Niederschlag	Extremereignisse	
Zentrale Sensitivitäten:	Versicherte Werte, Investitionen sowie gewährte Kredite in exponierten Gebieten				
Handlungsfeldspezifische Anpassungskapazität:	hoch				
Klimawirkung	**Klimasignale**	**Bedeutung**			**Gewissheit/ Analysemethode**
Auswirkungen des Klimawandels auf die Versicherungswirtschaft	Blitz, Flusshochwasser, Frost, Hagel, Hitze, Meeresspiegelanstieg, Niederschlag, Schneefall, Starkregen, Starkwind, Sturmfluten, Sturzfluten, Temperatur	Gegenwart			Mittel bis hoch / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel		
		Ferne Zukunft: ~ bis ++			
Auswirkungen des Klimawandels auf die Bankenwirtschaft	Blitz, Flusshochwasser, Frost, Hagel, Hitze, Meeresspiegelanstieg, Niederschlag, Schneefall, Starkregen, Starkwind, Sturmfluten, Sturzfluten, Temperatur	Gegenwart			Mittel bis hoch / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel		
		Ferne Zukunft: ~ bis ++			

Legende

Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland:

- gering
- mittel
- hoch

Entwicklung der Klimasignale bis zum Ende des Jahrhunderts (ferne Zukunft):

- ++ starke Änderung
- \+ Änderung
- ~ ungewiss

2.14 Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“

Alle Veränderungen des Klimas haben eine Auswirkung auf das menschliche Wohlbefinden und die Gesundheit: Hitze und Kälte wirken direkt auf die Mortalität und Morbidität der Menschen, die Globalstrahlung beeinflusst die Gesundheit durch die bodennahe Ozonkonzentration sowie die UV-Strahlung, Temperatur- und Feuchteänderungen beeinflussen die Ausbreitung von Vektoren, Krankheitserregern und gesundheitsgefährdenden Stoffen, wie Allergene oder Luftschadstoffe, aber auch von Schadstoffen in Gewässern. Extremereignisse, wie Stürme oder Starkregen, können zu Unfällen mit Verletzungen und Todesopfern führen. Es besteht daher eine Vielzahl von Verknüpfungen des Themas menschliche Gesundheit mit allen anderen Handlungsfeldern.

Wie sich das Klima auf die menschliche Gesundheit auswirkt, hängt sehr stark von der individuellen Disposition und vom individuellen Verhalten ab, aber auch von vielen anderen Parametern wie der Ausgestaltung der baulichen und natürlichen Umwelt, zum Beispiel Wärmedämmung von Gebäuden, Vorhandensein und Nutzung von Grün- und Wasserflächen. Aber auch die Landnutzung allgemein sowie die Emission von gesundheitsschädlichen Stoffen, zum Beispiel Luftschadstoffen, oder der Personen- und Güterverkehr mit der Folge einer Einschleppung von Krankheitserregern, haben einen großen Einfluss auf die menschliche Gesundheit. Ein wichtiger Trend für die Zukunft ist insbesondere die Entwicklung der Altersstruktur der Bevölkerung.

Eine bedeutende klimatische Auswirkung, die bereits in der Vergangenheit zu einem deutlichen Anstieg der Mortalität geführt hat, ist das Auftreten von Hitzewellen (siehe Abbildung 16). Die mittlere Anzahl der Hei-

ßen Tage in Deutschland hat bereits von drei auf acht pro Jahr von der Mitte des letzten Jahrhunderts zur Gegenwart zugenommen und kann in ferner Zukunft auf 15 bis 35 Heiße Tage steigen. Durch die starke Zunahme kann es in Zukunft vermehrt zu negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit kommen. Besonders empfindlich sind ältere Personen. Da aufgrund des Wärmeinseleffekts in Ballungsgebieten die Temperatur nachts im Vergleich zum Umland schon heute um bis zu 11 Grad höher ist, sind städtische Regionen mit einer hohen Anzahl von älteren Personen überdurchschnittlich von Hitzeeffekten bedroht. Dies trifft bereits heute auf die Städte Berlin, Karlsruhe, Ludwigshafen/Mannheim, Mainz/Wiesbaden, Nürnberg, Frankfurt sowie Köln und Düsseldorf zu und kann sich unter der Annahme eines starken Wandels in naher Zukunft auf ganze Regionen insbesondere in Ost- und im westlichen Teil Westdeutschlands sowie vereinzelte Regionen im Südwesten Deutschlands ausweiten, wobei die Alterung der Gesellschaft das Problem verschärft. Gleichzeitig kann eine Abnahme der Frosttage dazu führen, dass kältebedingte Todesfälle in Zukunft abnehmen werden.

Die sommerliche bodennahe Ozonbelastung entsteht durch photochemische Prozesse aus Vorläuferstoffen wie den Luftschadstoffen Stickstoffoxide (NOx) und flüchtige organische Verbindung (NMVOC) und führt zu Atembeschwerden. Da zukünftig häufiger Strahlungswetterlagen auftreten können, steigt die Wahrscheinlichkeit von kritischen Ozonkonzentrationen. Besonders betroffen sind großstadtnahe, bevölkerungsreiche Regionen. Jedoch steht dieser Entwicklung der gegenwärtige Trend der Verbesserung der Luftqualität, insbesondere der Reduktion von Stickstoffdioxid (NO_2), entgegen, vor allem aufgrund geringerer Stickstoffoxid-Emissionen von Verkehr, Industrie und der Stromerzeugung.

Heimische Überträger von Krankheitserregern, wie Nager und Schildzecken können von einer Temperatur- und Luftfeuchtigkeitszunahme innerhalb eines Komfortbereiches profitieren. So ist die Ausbreitung einer früher in Deutschland selteneren Schildzeckenart bereits zu beobachten. Auch für andere potentielle Überträger von Krankheitserregern ist eine Ausbreitung bei einem starken Wandel zu erwarten. Auch eingeschleppte Arten, beispielweise bestimmte Mückenarten, können sich zukünftig unter wärmeren und feuchteren Bedingungen leichter etablieren und ausbreiten.

Eine Überlastung der Rettungsdienste, der Krankenhäuser und Ärzte wird im Zuge des Klimawandels nicht erwartet. Erhöhte Anforderungen werden im Zuge von Hitzewellen an die Gesundheitsinfrastruktur gestellt.

Die bedeutendsten Klimawirkungen

Der Klimawandel, insbesondere Hitzeereignisse, bedroht bereits gegenwärtig erheblich die menschliche Gesundheit (mittlere bis hohe Gewissheit). Bei einem starken Klimawandel können Hitzebelastungen (mittlere bis hohe Gewissheit) und Atembeschwerden durch bodennahes Ozon (mittlere bis hohe Gewissheit) bereits in naher Zukunft die menschliche Gesundheit häufiger und stärker als gegenwärtig gefährden. Jedoch kann der gegenwärtige Trend der verbesserten Luftqualität der Ozonbelastung entgegen wirken. Durch die Ausbreitung bzw. Etablierung von Überträgern von Krankheitserregern wird gegenwärtig wie in Zukunft die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von bestimmten Infektionskrankheiten erhöht (mittlere bis hohe Gewissheit). Bis Ende des Jahrhunderts können die Gefährdungen für die menschliche Gesundheit durch steigende Temperaturen noch weiter zunehmen.

Im Bereich der Gesundheitsversorgung herrscht unter gegenwärtigen Bedingungen eine mittlere bis hohe Anpassungskapazität: Kapazitätsgrenzen werden noch nicht erreicht und es besteht eine gute Grundversorgung. Die zukünftige Entwicklung wird allerdings von der demographischen Entwicklung und der Ausgestaltung der medizinischen und pflegerischen Grundversorgung beeinflusst werden. Bezüglich der Bekämpfung von Krankheitsüberträgern besteht eine mittlere Anpassungskapazität, insbesondere aufgrund von Zuständigkeitsproblemen und einem hohen Forschungsbedarf.

Vulnerabilität

Zusammenfassend ergibt sich für die menschliche Gesundheit somit eine mittlere bis teilweise hohe Vulnerabilität in naher Zukunft bei einer mittleren bis hohen Anpassungskapazität.

Tabelle 15 bietet einen Überblick über die Klimawirkungen des Handlungsfeldes „Menschliche Gesundheit“.

Abbildung 16 Klimawirkung „Hitzebelastung“ basierend auf dem Indikator „Potenzielle Hitzebelastung für die Bevölkerung über 60 Jahre“ für die Gegenwart und die nahe Zukunft (2021-2050)

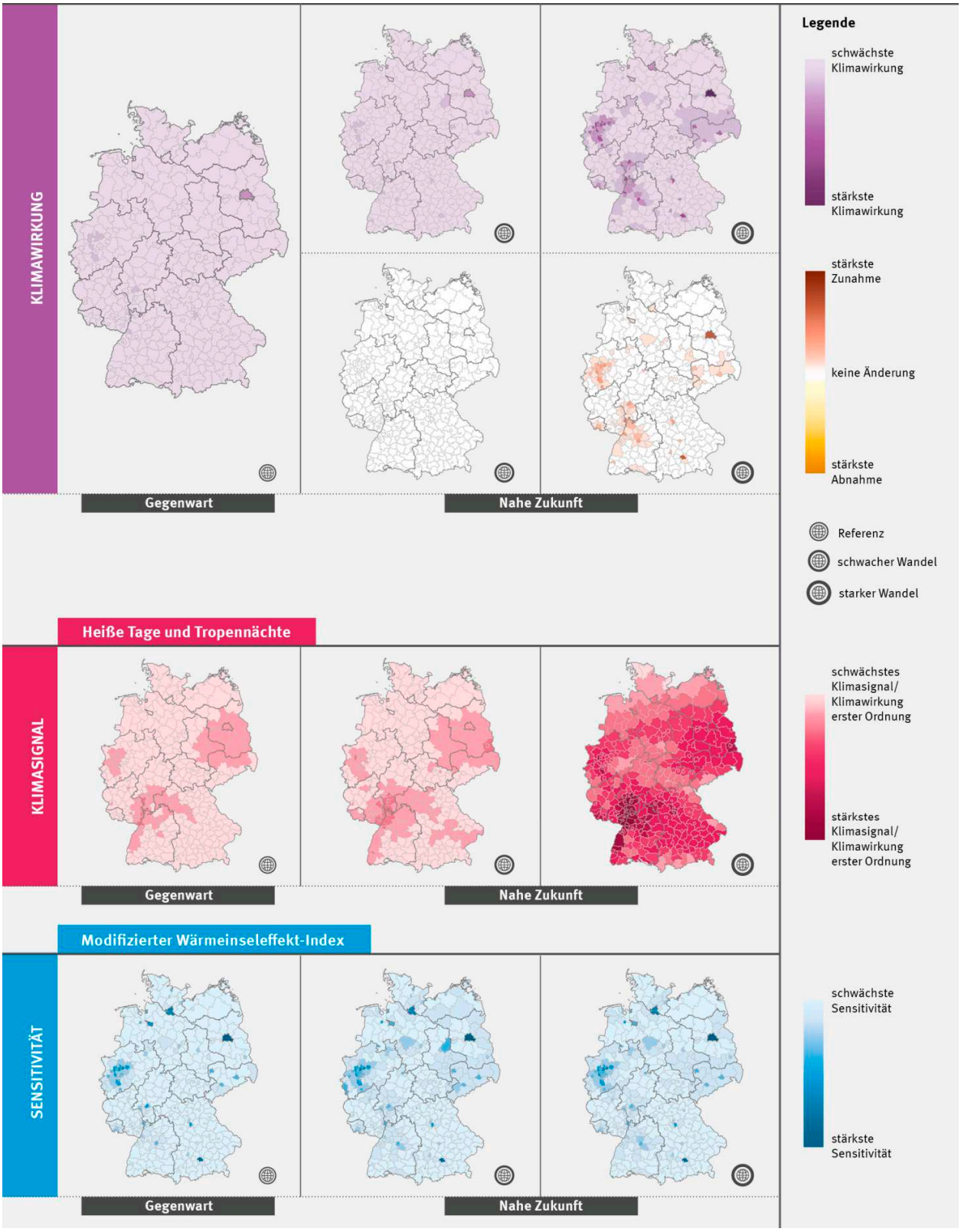


Tabelle 15: Klimawirkungen im Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“

Menschliche Gesundheit				
Zentrale Klimasignale:	Temperatur	Hitze	Ozonkonzentration	Extremereignisse
Zentrale Sensitivitäten:	Disposition, Altersstruktur und Verhalten der Bevölkerung, Ausgestaltung der baulichen und natürlichen Umwelt, Landnutzung, Emission von gesundheitsschädlichen Stoffen			
Handlungsfeldspezifische Anpassungskapazität:	mittel bis hoch			

Klimawirkung	**Klimasignale**	**Bedeutung**		**Gewissheit/ Analysemethode**
Hitzebelastung	Hitze	Gegenwart		Mittel bis hoch / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ++		
Atembeschwerden durch bodennahes Ozon	Häufigkeit austauscharmer Wetterlagen, Hitze, Ozonkonzentration	Gegenwart		Mittel bis hoch / Indikatoren
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~ bis ++		
Überträger von Krankheitserregern	Feuchtigkeit, Temperatur	Gegenwart		Mittel bis hoch / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: + bis ++		
Belastung der Rettungsdienste, Krankhäuser und Ärzte	Feuchtigkeit, Flusshochwasser, Frost, Hagel, Häufigkeit austauscharmer Wetterlagen, Hitze, Niederschlag, Ozonkonzentration, Starkwind, Strahlungswetterlagen, Sturmfluten, Sturzfluten, Temperatur	Gegenwart		Gering / Experteninterviews
		Nahe Zukunft: Schwacher Wandel	Nahe Zukunft: Starker Wandel	
		Ferne Zukunft: ~ bis ++		

Legende

Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland:

- gering
- mittel
- hoch

Entwicklung der Klimasignale bis zum Ende des Jahrhunderts (ferne Zukunft):

- ++ starke Änderung
- \+ Änderung
- ~ ungewiss

2.15 Handlungsfeld „Bevölkerungsschutz“

Der Begriff „Bevölkerungsschutz“ beschreibt alle Aufgaben und Maßnahmen der Kommunen und der Länder im Katastrophenschutz sowie des Bundes im Zivilschutz und der Katastrophenhilfe. Er umfasst damit alle nicht-polizeilichen und nicht-militärischen Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und ihrer Lebensgrundlagen vor Katastrophen und anderen schweren Notlagen sowie vor den Auswirkungen von Kriegen und bewaffneten Konflikten. Der Bevölkerungsschutz umfasst auch Maßnahmen zur Vermeidung, Begrenzung und Bewältigung von Extremwetterereignissen (BBK 2014). Dazu gehört der Schutz kritischer Infrastrukturen, die zur Versorgung der Bevölkerung notwendig sind (zum Beispiel die Stromversorgung).

Die Organisationen des Bevölkerungsschutzes können auch selbst vom Klimawandel betroffen sein. Extremwetterereignisse können die Einsatzkräfte des Bevölkerungsschutzes gesundheitlich beeinträchtigen, Fahrzeuge, Liegenschaften und technische Ausrüstung beschädigen und zum Ausfall wichtiger Infrastrukturen, die der Bevölkerungsschutz nutzt (etwa Straßen), führen. Diese Klimawirkungen werden in anderen Handlungsfeldern behandelt (Bauwesen, Wasser, Verkehr, Verkehrsinfrastruktur, Küsten- und Meeresschutz, Menschliche Gesundheit). Im Rahmen dieses Projektes wird stattdessen auf die Möglichkeiten des Bevölkerungsschutzes eingegangen, wie er zur gesamtgesellschaftlichen Anpassung an den Klimawandel in den anderen Handlungsfeldern, beispielsweise des Handlungsfeldes Gesundheit, beitragen kann.

Die Zuständigkeiten im Bevölkerungsschutz sind auf die kommunale, Länder- und Bundesebene verteilt. Feuerwehren, Katastrophenschutz, THW, Hilfsorganisationen sowie öffentliche Einrichtungen arbeiten bei der Gefahrenabwehr zusammen; wobei das Gesamtkonzept des Bevölkerungsschutzes auf allen Ebenen auf der ehrenamtlichen Beteiligung der Bevölkerung beruht. Die Möglichkeiten des Bevölkerungsschutzes zur Anpassung an den Klimawandel umfassen das rechtzeitige Erkennen von und Warnen vor Gefahren sowie der Schutz von Leben und Sachwerten durch technische und andere Hilfeleistungen. Auch wenn der Bevölkerungsschutz von jeher den Umgang mit Extremwetterereignissen zur Aufgabe hat und dementsprechend darauf eingestellt ist, können häufigere oder intensivere Ereignisse Anpassungserfordernisse zum Beispiel hinsichtlich verfügbarer Kapazitäten und Ressourcenmanagement mit sich bringen. Daher hat sich bereits 2008 die Arbeitsgemeinschaft Klimawandel und Anpassung im Katastrophenschutz gegründet, in der sich BBK, THW, Hilfsorganisationen und Feuerwehren diesen Themen annehmen.

Für die vorliegende Analyse konnten keine Indikatoren identifiziert werden, mit denen es möglich wäre, bundesweit flächendeckende Aussagen zum Beitrag des Bevölkerungsschutzes zur Anpassungskapazität an den Klimawandel zu treffen. Dafür fehlt eine einheitliche bundesweite Datenbasis. Aufgrund der heterogenen Struktur des Bevölkerungsschutzes in Deutschland sind die Daten zu Einsatzkräften, Einsätzen etc. nicht konsistent.

Da der Bevölkerungsschutz insgesamt ein hohes Niveau hat, ist damit zu rechnen, dass er für die Herausforderungen der Anpassung an den Klimawandeln gewappnet ist. Eine Voraussetzung dafür, die Möglichkeiten des Bevölkerungsschutzes genauer erheben zu können, wäre die gemeinsame Entwicklung von Indikatoren und eine bundesweit und organisationsübergreifend einheitliche Datenerhebung.

2.16 Handlungsfeld „Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung“

Das Handlungsfeld „Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung“ ist wie das Handlungsfeld „Bevölkerungsschutz“ in der DAS als Querschnittsthema angelegt, weil Raumplanung durch den Bezugsrahmen „Raum“ handlungsfeldübergreifend orientiert ist. Entsprechend wird hier davon ausgegangen, dass der Klimawandel keine spezifischen Auswirkungen auf das Handlungsfeld selbst hat und es selber keine physischen Anpassungsmaßnahmen umsetzen kann. Vielmehr werden die Möglichkeiten der räumlichen Planung zur Anpassung an den Klimawandel betrachtet, die sich auf fast alle Handlungsfelder auswirken. Da Anpassungsmaßnahmen häufig kleinräumig umgesetzt werden, sind dabei die regionale und die lokale Planungsebene im Fokus.

Aufgabe der Regionalplanung ist es, mithilfe von Regionalplänen überörtliche und überfachliche Belange zu regeln und Raumnutzungskonflikte im Sinne einer nachhaltigen Raumentwicklung zu lösen, beispielsweise durch vorbeugenden Hochwasserschutz. Dabei hat die Regionalplanung in den Regionalplänen die Möglichkeit, beachtungspflichtige Ziele festzulegen, also Vorranggebiete auszuweisen, und/oder berücksichtigungs-

pflichtige Grundsätze festzulegen, indem sie Vorbehaltsgebiete ausweist[96].

So sieht die Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) in der Bewältigung des Klimawandels ein wichtiges Aufgabenfeld der Raumordnung und definierte 2013 sieben Handlungsbereiche zur Klimaanpassung: Für die Anpassung an den Klimawandel sind laut MKRO die Risikovorsorge für den Hochwasserschutz in den Flussgebieten, die Risikovorsorge für den Küstenschutz, der Schutz der Berggebiete, der Schutz vor Hitzefolgen und vor Wasserknappheiten sowie die Berücksichtigung klimabedingter Veränderungen im Tourismusverhalten und in den Lebensräumen von Tieren und Pflanzen von wesentlicher Bedeutung. Darüber hinaus können in Zukunft weitere Themen von der MKRO in einer Fortschreibung ihrer Entschließung zu „Raumordnung und Klimawandel“ aufgegriffen werden.

Die MKRO empfiehlt, dass die Raumordnung in Bund und Ländern, insbesondere auf Ebene der Regionalplanung, ihre Koordinierungsfunktion auch im Sinne einer Regionalentwicklung verstärkt. Die Ergebnisse des KlimaMORO[97] und zahlreicher weiterer Vorhaben zeigen, dass die räumliche Planung auf regionaler Ebene mit ihren formellen und informellen Instrumenten einen wichtigen Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel und zum Klimaschutz leisten kann. Gute und innovative Beispiele wie die Erarbeitung von regionalen Anpassungsstrategien oder adäquate Anpassungsmaßnahmen, etwa bei der Ausweisung regionaler Grünzüge als stadtklimatisch relevante Freiräume, bei der Freihaltung hochwassergefährdeter Bereiche und beim Schutz des Wasserhaushaltes vor Trockenheit, haben eine wichtige Vorbildfunktion.

Eine deutschlandweite Analyse der Regionalpläne ermöglicht es, quantitative Aussagen über die Berücksichtigung der Anpassungsmöglichkeiten der formalen Raumplanung zu treffen. Diese Analyse untersucht, in welchen Regionalplänen Vorrangs- und Vorbehaltsgebiete für die 7 Handlungsbereiche der MKRO ausgewiesen wurden, die für die Anpassung an den Klimawandel bedeutsam sind[98]. Die Analyse bezieht somit nur formale Festlegungen der Raumordnung mit ein. Informelle Instrumente und Maßnahmen, wie Beteiligungs- und Kooperationsstrukturen, können nicht berücksichtigen werden, da sich diese nicht standardisiert erheben und hinsichtlich ihrer Wirkung auswerten lassen. Des Weiteren unberücksichtigt bleiben die Stadtstaaten Berlin, Bremen (inklusive Bremerhaven) und Hamburg, da deren Regionalplanung mit der Flächennutzungsplanung der lokalen Ebene abgedeckt ist und sie auf Grund dessen keinen Regionalplan haben. Selbiges gilt für die sechs kreisfreien Städte Niedersachsens, weshalb diese ebenfalls nicht einbezogen wurden. Des Weiteren unberücksichtigt blieben die Städteregion Ruhr, für die ein Regionaler Flächennutzungsplan (RFNP) besteht und das Saarland, dessen Regionalplanung bereits auf Ebene der Landesraumordnung geschieht.

Von den Möglichkeiten der Regionalplanung, in den Regionalplänen Vorrang- und Vorbehaltsgebiete auszuweisen, wurde bisher vor allem mit Blick auf die Verschiebung der Lebensräume von Pflanzen und Tieren sowie den Schutz vor Hitzefolgen Gebrauch gemacht. Nach zugrundeliegender Analyse sind in jedem dieser beiden Bereiche zu einem Großteil die formellen Möglichkeiten der Regionalplanung zur Anpassung an den Klimawandel ausgeschöpft[99]. Da die Anzahl von Heißen Tagen und Tropennächten in Zukunft deutschlandweit stark ansteigen wird mit Folgen für viele Handlungsfelder, insbesondere die menschliche Gesundheit, ist die verbindliche Festlegung klimawirksamer Freiflächen und eine entsprechende Steuerung der Siedlungsentwicklung in fast allen Planungsregionen ein wertvoller Beitrag zur Klimaanpassung.

---

[96] Während für Vorranggebiete bestimmte Funktionen und Nutzungen vorgesehen sind und andere Nutzungen dadurch ausgeschlossen werden, haben sie in Vorbehaltsgebieten zwar ein besonderes Gewicht bei der Abwägung, die Nutzung ist aber nicht endabgewogen festgelegt.

[97] Projekt „KlimaMORO“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung/Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Laufzeit 2009-2013

[98] Allerdings kann mit dieser Analyse keine Aussage über die Anpassungskapazität anderer Handlungsfelder getroffen werden, da die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten in entsprechenden Plansätzen nicht bedeutet, dass entsprechende Anpassungsmaßnahmen durch die zuständige Fachplanung umgesetzt werden.

[99] Die Operationalisierung der Anpassungskapazität der Raumplanung erfolgte über die Analyse der Regionalpläne, allerdings muss bei der Interpretation berücksichtigt werden, dass die Regionalpläne ein unterschiedliches Alter haben. Die im Handlungskonzept der Raumordnung zu Vermeidungs-, Minderungs- und Anpassungsstrategien in Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels der Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) festgelegten sieben Handlungsbereiche mit Klimaanpassungsbezug wurden in 22 Handlungsschwerpunkte ausdifferenziert und auf Vorhandensein und Art der Festlegung in den rechtsverbindlichen Regionalplänen untersucht. Die Art der Festlegung wurde hierbei nach Bindungswirkung gewichtet: Ziele der Raumordnung (Ausweisungen von Vorranggebieten), die für nachgelagerte Planungsentscheidungen beachtungspflichtig sind und somit umgesetzt werden müssen, wurden als Zielerreichungsgrad von 100 Prozent verstanden. Grundsätze der Raumordnung (Ausweisungen von Vorbehaltsgebieten), die berücksichtigungspflichtig sind und in nachgelagerten Planungen in die Abwägung einfließen, wurden einem Zielerreichungsgrad von 50 Prozent gleichgesetzt. Bei Nicht-Festlegung von Handlungsschwerpunkten wurde die Berücksichtigung von Anpassungsmöglichkeiten mit null Prozent angegeben, wobei durchaus Teilpläne vorliegen können.

In den anderen von der Ministerkonferenz für Raumordnung festgelegten Handlungsbereichen, in denen die Raumordnung einen Beitrag zur Bewältigung der Folgen des Klimawandels leisten kann, besteht noch deutlich größerer Handlungsbedarf. Das betrifft vor allem den Schutz der Berggebiete, für die nur relativ wenige der relevanten Regionalpläne Vorrang- und Vorbehaltsflächen für Klimaanpassung festgelegt haben. Lücken zeigen sich hier vor allem in den Mittelgebirgen. Die Planungsregionen im Alpenraum, in denen die Klimaanpassung im Rahmen der Regionalplanung insgesamt weit fortgeschritten ist, nutzen im Vergleich dazu die formalen Möglichkeiten der Regionalplanung deutlich besser aus. Auch im Küstenschutz nutzt die Regionalplanung ihre formal en Möglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel erst zu einem geringen Teil aus. Vor allem an der Ostseeküste aber auch in einzelnen Planungsregionen an der Nordseeküste ist Nachholbedarf zu erkennen. In den Bereichen des vorbeugenden Hochwasserschutzes in Flussgebieten, dem Umgang mit regionalen Wasserknappheiten und Veränderungen im Tourismusverhalten werden die regionalplanerischen Möglichkeiten teilweise genutzt.

Betrachtet man die Regionalplanungsregionen der Bundesländer im Vergleich, fällt auf, dass vor allem in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Nordrhein-Westfalen bereits viele formale Möglichkeiten der Regionalplanung zur Anpassung an den Klimawandel genutzt werden (siehe Abbildung 17). Auffällig sind die Regionalplanungsregionen Brandenburgs und zwei Planungsregionen Niedersachsens, in denen keine regionalplanerische Umsetzung erfolgte. Dieses Ergebnis resultiert daraus, dass am Stichtag in den Planungsregionen Brandenburgs keine integrierten Regionalpläne[100] vorlagen. In den beiden niedersächsischen Planungsregionen waren am Stichtag die Regionalpläne aufgrund von Zeitablauf ungültig.

Auf lokaler Ebene spielt die Bauleitplanung eine wichtige Rolle. Sie regelt die städtebauliche Entwicklung einer Gemeinde und somit verbindlich die Nutzung von Grund und Boden, die einen entscheidenden Einfluss auf das Lokalklima hat. Ein Überblick, in welchen Landkreisen und kreisfreien Städten die Bauleitplanung explizit genutzt wird, um die Anpassung an den Klimawandel voran zu bringen, ist derzeit noch nicht verfügbar. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die „Klimaschutznovelle“ des Baugesetzbuches im Jahr 2011 erfolgte. Daher ist davon auszugehen, dass aufgrund der vorhandenen Planungszyklen es einige Zeit in Anspruch nehmen wird, bis die Optionen zur Integration der Klimaanpassungsbelange in der kommunalen Planungspraxis voll ausgeschöpft werden.

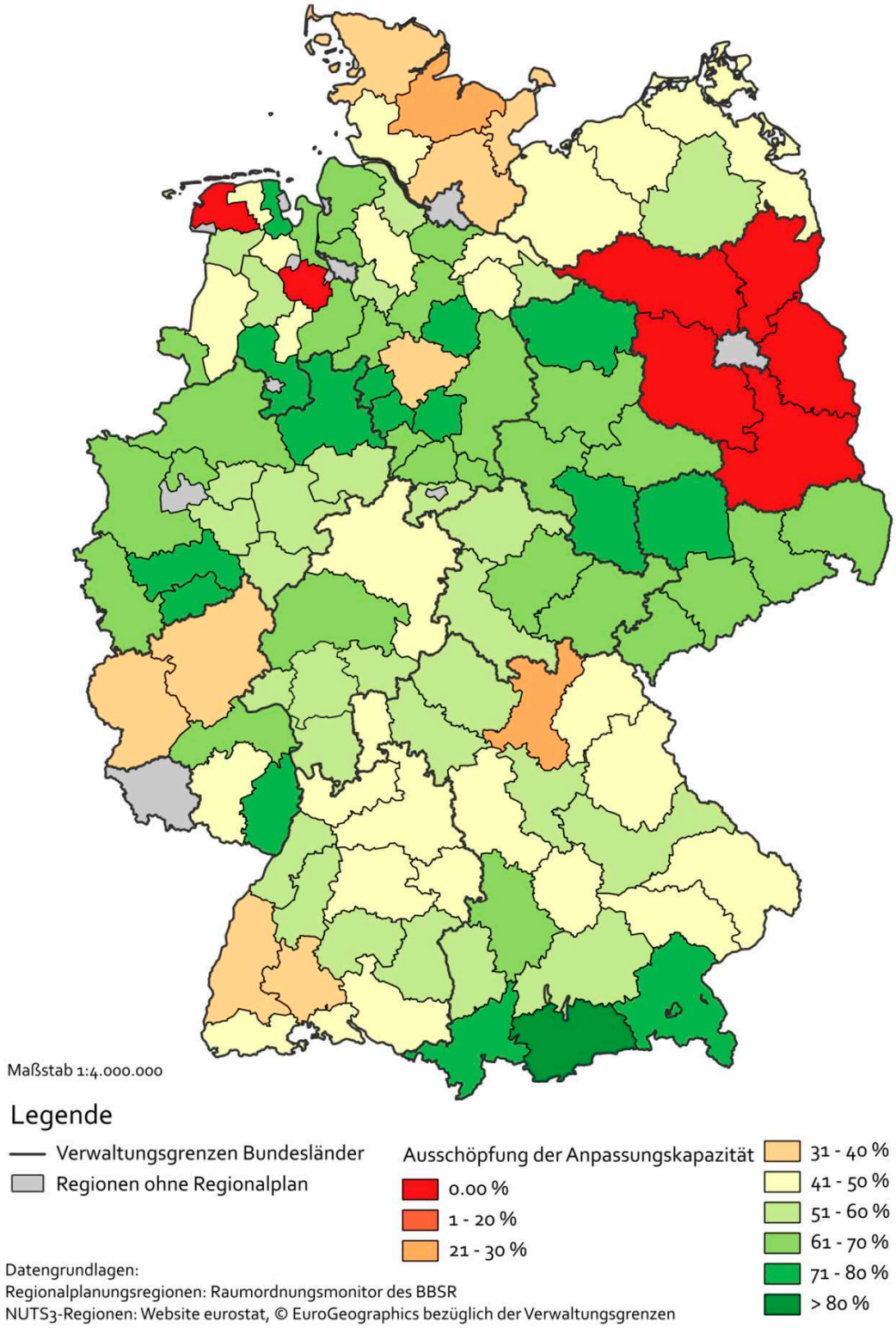
Eine Auswertung der in den Förderdatenbanken von BMUB, BMBF und BMVI aufgeführten Anpassungsprojekte auf Kreisebene zeigt eine deutliche Fokussierung auf wenige Ballungszentren. Während die vom Bund geförderten kommunalen Klimaschutzprojekte in einigen Bundesländern bereits eine vierstellige Anzahl erreicht haben, sind die Zahlen im Bereich der Klimaanpassung deutlich geringer. Im Vergleich der Bundesländer hat Niedersachsen die meisten vom Bund geförderten Klimaanpassungsprojekte (über 50). Doch auch hier ist die Zahl verglichen mit den geförderten Klimaschutzprojekten deutlich niedriger. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass etwa die Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundes bis zum Jahr 2011 ausschließlich auf Aktivitäten im Bereich Klimaschutz ausgerichtet war. Erst ab 2012 wurde die Förderrichtlinie dergestalt erweitert, dass Kommunen oder kommunale Zusammenschlüsse im Rahmen der Kommunalrichtlinie auch für die Erstellung kommunaler Anpassungskonzepte Fördermittel beantragen können.

Zusammenfassung

Die Raumordnung hat durch textliche und zeichnerische Festlegungen in den Regionalplänen großen Einfluss auf die Anpassungskapazität der Gemeinden in allen Handlungsfeldern der Deutschen Anpassungsstrategie. Die Analyse der Regionalpläne hinsichtlich der Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten ermöglicht eine Bewertung der formalen Anpassungsmöglichkeiten der Raumordnung: danach berücksichtigt die Regionalplanung für die Handlungsfelder „Biologische Vielfalt“ und „Menschliche Gesundheit“ (hier vor allem im Bereich des Hitzeschutzes) in vielen Regionen weitgehend die von der MKRO 2013 vorgegebenen Anpassungserfordernisse. Mit Blick auf die Handlungsfelder „Küsten- und Meeresschutz“, „Tourismuswirtschaft“, „Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt“ sowie alle Handlungsfelder, die von Flusshochwasser betroffen sind, können die Anpassungsmöglichkeiten der Regionalplanung besser genutzt werden. Besonders beim Thema „Schutz der Berggebiete“ besteht in den Mittelgebirgen Nachholbedarf. Tatsächliche Anpassungsaktivitäten auf der lokalen Ebene sind insgesamt noch eher gering und konzentrieren sich auf wenige Ballungszentren. Aus diesem Grund besteht nach Einschätzung des Netzwerks Vulnerabilität insbesondere in kleineren und mittleren Kommunen weiterhin erhöhter fachlicher und finanzieller Unterstützungsbedarf.

[100] Es liegt auch kein Teilplan zu Klimaanpassung vor, der einen Beitrag zur Anpassungskapazität leisten könnte.

Abbildung 17 Berücksichtigung der von der Ministerkonferenz für Raumordnung (2013) vorgegebenen Anpassungserfordernissen in den Regionalplänen



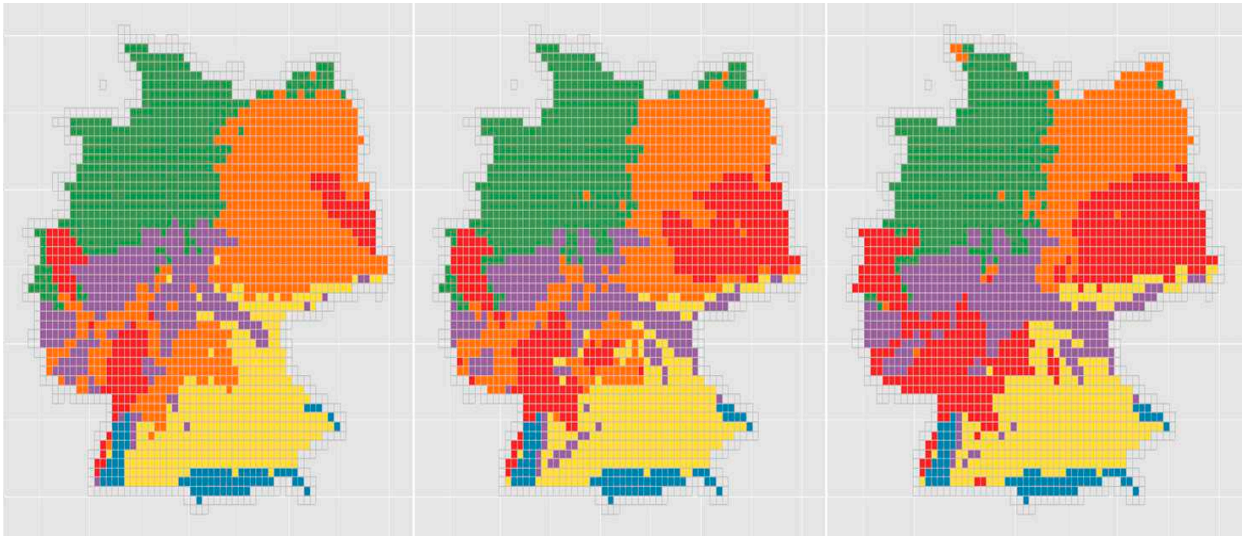
Quelle: Schmitt 2014: 67a.

3 Handlungsfeldübergreifende Auswirkungen des Klimawandels

3.1 Vom Klimawandel ähnlich betroffene Räume Deutschlands

Eine statistische Auswertung des Klimamodellensembels des DWD (siehe Kapitel D1 des Fortschrittberichts) für die Gegenwart, die nahe und die ferne Zukunft zeigt unterschiedliche Klimaräume[101] in Deutschland: Flächen gleicher Farbe in der Abbildung weisen ein ähnliches Klima auf (Abbildung 18). Sie können auch hinsichtlich der zu erwartenden klimatischen Entwicklung voneinander unterschieden werden.

Abbildung 18: Klimaraumtypen in Deutschland zur Kennzeichnung „ähnlich betroffener Räume“



Gegenwart Nahe Zukunft Ferne Zukunft

Legende: rote Flächen: warme Regionen; orange Flächen: Regionen mit trockenerem Klima; grüne Flächen: Regionen mit kühlerem Klima; violette Flächen: Regionen mit Mittelgebirgsklima; gelbe Flächen: Regionen mit Gebirgsvorlandklima; blaue Flächen: Regionen mit Gebirgsklima

Insbesondere Regionen mit überdurchschnittlich warmem Klima (*rote Flächen*) werden sich im Zuge des Klimawandels räumlich ausdehnen. In diesen Regionen ist in Zukunft ein besonders starker Anstieg von Heißen Tagen und Tropennächten zu erwarten. Gegen Ende des Jahrhunderts werden hier immer stärkere Hitzewellen voraussichtlich zunehmend mit Trockenheit verbunden sein. Hitze bedroht vor allem die menschliche Gesundheit. Ballungsregionen, wo der urbane Wärmeinseleffekt durch die starke Bebauung und Bodenversiegelung den klimatisch bedingten Temperaturanstieg noch verstärkt, sind innerhalb der warmen Regionen also besonders betroffen. Hitze und Trockenheit werden aber zunehmend auch die Forst- und Landwirtschaft sowie die Verkehrsinfrastruktur beeinträchtigen. Insofern sind auch in den ländlichen Regionen mit warmem Klima starke, größtenteils negative Klimawirkungen zu erwarten.

Regionen mit trockenerem Klima (*orange Flächen*) sind heute und absehbar auch künftig von starken jahreszeitlichen Schwankungen bei Temperatur und Niederschlag geprägt. Sie gehören aufgrund ganzjährig unterdurchschnittlicher Niederschläge zu den trockensten Regionen Deutschlands. Der zu erwartende Trend zu höheren Sommer- und Wintertemperaturen, einschließlich einer Zunahme der Heißen Tage und Tropennächte, wird die vorhandenen Wasserressourcen künftig weiter beschränken. Dies wird vor allem die Wasser-, Land- und Forstwirtschaft beeinträchtigen.

Regionen mit kühlerem Klima (*grüne Flächen*) sind geprägt von Starkwind, gemäßigten Temperaturen und einer geringen Anzahl an Frosttagen und Trockentagen. Künftig wird hier entsprechend den Klimaprojektionen das Schadenspotenzial extremer Wetterereignisse wie Flusshochwasser in vielen Handlungsfeldern deut-

[101] Durch eine Clusteranalyse der Klimaparameter Starkwind, Starkregen, Heiße Tage, Tropennächte, Frosttage, Durchschnittstemperatur (Winter, Sommer), Trockentage (Winter, Sommer) und Niederschlag (Jahreszeitmittel Winter, Sommer) wurden für Deutschland Regionen mit ähnlichem Klima identifiziert. Die Bezeichnungen der Klimaraumtypen sind rein deskriptiv zu verstehen und nicht als allgemein gültige Klimaklassifikation.

lich zunehmen. Zum Ende des Jahrhunderts können infolge des Meeresspiegelanstiegs erhöhte Sturmfluten auftreten. Darüber hinaus können insbesondere der Anstieg der Winterniederschläge die Stadtentwässerung in diesen Gebieten vor neue Herausforderungen stellen.

Für Regionen mit Mittelgebirgsklima (*violette Flächen*) sind eine große Anzahl an Frosttagen und Tagen mit Starkregen sowie hohe Sommer- und Winterniederschläge charakteristisch. Die Sommerniederschläge sinken bis in die ferne Zukunft deutlich. Gleichzeitig werden in den Wintermonaten die Niederschläge in Zukunft deutlich zunehmen, aber seltener als Schnee fallen – mit den entsprechenden Folgen für die Wasserwirtschaft. Durch die sinkende Schneesicherheit verlieren die Mittelgebirge an Attraktivität für den Wintersport. Gleichzeitig kann die im Vergleich zu anderen Regionen geringe Anzahl an Heißen Tagen, die in Zukunft deutlich zunehmen wird, den Sommertourismus fördern.

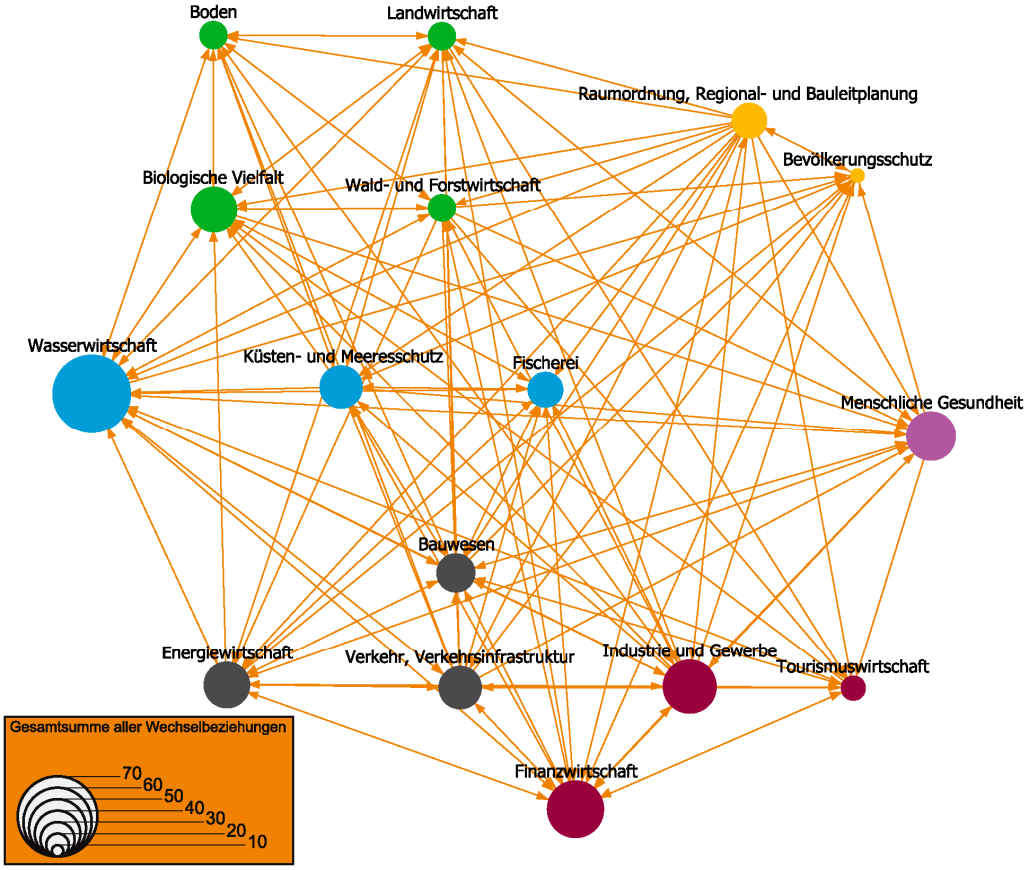
Regionen mit Gebirgsvorlandklima (*gelbe Flächen*) sind geprägt von überdurchschnittlichen Sommerniederschlägen, einer großen Zahl von Tagen mit Starkregen sowie vielen Frosttagen. Die Sommertemperaturen und die Anzahl der Heißen Tage nehmen hier wahrscheinlich deutlich zu. Das wird dann vor allem die Energienachfrage für Kühlung in dieser wirtschaftlich starken Region erhöhen. Das prognostizierte Siedlungs- und Verkehrsflächenwachstum im Südwestdeutschen Raum kann die Auswirkungen des Klimawandels noch weiter verstärken.

Regionen mit Gebirgsklima (*blaue Flächen*) haben viele Tage mit Starkregen und Frost sowie hohe Niederschlagswerte. Es ist zu erwarten, dass die Stark- und Winterniederschläge noch zunehmen. Damit werden häufigere und intensivere Überschwemmungen und Sturzfluten verbunden sein. Eine erwartete überdurchschnittlich starke Erwärmung (bei geringem Ausgangsniveau) wird negative Auswirkungen auf die biologische Vielfalt haben.

3.2 Thematische Cluster und ihre zentralen Klimawirkungen

Die Analyse der über 300 Wirkungsbeziehungen zwischen den Handlungsfeldern hat ergeben, dass bestimmte Handlungsfelder stark voneinander beeinflusst werden (Kaskadeneffekt) oder ähnliche Auswirkungen des Klimawandels umfassen. Kaskadeneffekte entstehen beispielsweise dann, wenn sich klimatisch bedingt der Bodenwassergehalt verändert und dies den Ertrag der Land- und Forstwirtschaft beeinflusst. Ähnliche Klimawirkungen wurden zum Beispiel in den Handlungsfeldern „Küsten- und Meeresschutz“ und „Fischerei“ aufgenommen, da für beide Handlungsfelder Klimawirkungen auf Fischbestände relevant sind (siehe Abbildung 19). Handlungsfelder mit vielen ähnlichen Klimawirkungen wurden zu Clustern zusammengefasst. Insgesamt wurden sechs Cluster definiert, deren Klimawirkungen häufig auch räumlich zusammenfallen.

Abbildung 19: Abbildung der Wechselbeziehungen zwischen den Handlungsfeldern



Hinweis: Die Größe der Kreise ist ein Maß für die Anzahl der Verbindungen eines Handlungsfeldes mit den anderen Handlungsfeldern (es sind mehr als eine Verbindung zwischen zwei Handlungsfeldern möglich, wenn mehrere Klimawirkungen Verknüpfungen bilden). Die Farbe der Kreise spiegelt die Zuordnung der Handlungsfelder zu den Clustern „Wasser“ (blau), „Land“ (grün), „Infrastrukturen“ (schwarz), „Wirtschaft“ (rot), „Gesundheit“ (lila) und „Raumplanung und Bevölkerungsschutz“ (gelb) wieder.

3.2.1 Cluster „Wasser“

Das Cluster „Wasser“ umfasst die drei Handlungsfelder, die die Bewirtschaftung des Wassers und der aquatischen Ökosysteme zum Inhalt haben:

- Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft,
- Küsten- und Meeresschutz und
- Fischerei.

„Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt“ ist das Handlungsfeld mit den meisten Wechselwirkungsbeziehungen zu anderen Handlungsfeldern. Dabei überwiegen die von diesem Handlungsfeld ausgehenden Wirkungen, sodass Veränderungen des Wasserhaushaltes häufig kaskadische Auswirkungen auf andere Handlungsfelder haben. Dies trifft auch auf das Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“ zu.

Graduelle Temperatur- und Niederschlagsänderungen[102] beeinflussen direkt den Wasserhaushalt der Erde und damit zwei Drittel aller im Cluster „Wasser“ untersuchten Klimawirkungen (siehe Tabelle 16). Von den Extremwetterereignissen sind vor allem Sturmfluten, Starkregen und Trockenheit mit ihrem zum Teil hohem Schadenspotenzial in vielen Handlungsfeldern von zentraler Bedeutung.

[102] Graduelle Klimaänderungen werden auch als „schleichende“ Änderungen bezeichnet.

Tabelle 16: Klimasignale im Cluster „Wasser“ und Anzahl der Klimawirkungen, die durch diese Klimasignale beeinflusst werden, bei insgesamt 15 Klimawirkungen im Cluster „Wasser“

Klimasignale	Anzahl Klimawirkung	Gegenwart		Nahe Zukunft, schwacher Wandel		Nahe Zukunft, starker Wandel	
		Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung	Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung	Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung
Niederschlag	10	2	0	3	0	7	3
Temperatur	10	1	0	2	0	8	2
Trockenheit	5	0	0	0	0	5	0
Meeresspiegelanstieg	4	0	0	1	0	2	2
CO2-Gehalt der Luft	3	1	0	2	0	1	2
Starkregen	3	1	0	2	0	1	2
Sturmfluten	3	1	0	2	0	0	3
Ozeanströmungen bzw. Meeresströmungen	2	1	0	1	0	1	1
Seegang	2	0	0	0	0	2	0
Flusshochwasser	1	1	0	1	0	0	1
Hitze	1	0	0	0	0	1	0
Sturzfluten	1	1	0	1	0	0	1
Wind	1	0	0	0	0	1	0

Hinweis: Diese und die folgenden Tabellen zeigen in Spalte zwei, wie viele Klimawirkungen eines Clusters von jedem Klimasignal insgesamt beeinflusst werden. Die Spalten drei bis acht weisen aus, wie viele der von dem jeweiligen Klimasignal beeinflussten Klimawirkungen von mittlerer oder hoher Bedeutung für Deutschland sind. Klimawirkungen mit geringer Bedeutung werden nicht aufgeführt. Die meisten Klimawirkungen werden von mehreren Klimasignalen beeinflusst. Beispielsweise werden 10 von 15 untersuchten Klimawirkungen im Cluster Wasser von Niederschlagsänderungen beeinflusst, davon wurden für heute 2 (d. h. 8 haben eine geringe Bedeutung), in naher Zukunft bei einem schwachen Wandel 3 und bei einem starken Wandel 7 Klimawirkungen mit mittlerer Bedeutung bewertet. Bei einem starken Wandel in ferner Zukunft können sogar 3 Klimawirkungen eine hohe Bedeutung für Deutschland erlangen.

Besonders großes Schadenspotenzial sehen die Bundesoberbehörden und -institutionen in den Folgen für die Fischbestände im Meer sowie in Schäden an Küsten, Bauwerken und Infrastrukturen durch erhöhte Sturmfluten aufgrund des erwarteten Meeresspiegelanstiegs. Bestehende Küstenschutzeinrichtungen und die Lage von Infrastrukturen im räumlichen Schwerpunkt Küste sind folgerichtig wichtige Sensitivitätsfaktoren im Cluster „Wasser“. Darüber hinaus können Starkregen, Flusshochwasser und Sturzfluten in ganz Deutschland große und künftig noch zunehmende Schäden verursachen. Starkregen ist vor allem auch mit Blick auf Entwässerungseinrichtungen, wie das Kanalnetz, und Kläranlagen eine voraussichtlich wachsende Herausforderung.

Die große Anzahl unterschiedlicher Klimawirkungen, die schon in naher Zukunft eine mittlere bis hohe Bedeutung bekommen können, machen das Cluster „Wasser“ zu einem zentralen Ansatzpunkt der Anpassung an den Klimawandel, zumal alle drei enthaltenden Handlungsfelder vergleichsweise lange Zeiträume zur Anpassung brauchen[103]: In der Wasserwirtschaft und im Küstenschutz sind bestehende Infrastrukturen betroffen, deren Anpassung und Erweiterung längere und integrierte Planungsprozesse benötigt. Beim Schutz der Fischbestände ist Deutschland auf die Zusammenarbeit mit den anderen Staaten Europas angewiesen. Zugleich sind natürliche Systeme, wie die Reproduktion und Wanderung von Fischen, schwierig vom Menschen beeinflussbar.

[103] Vorausgesetzt, dass vorhandene Anpassungskapazitäten genutzt werden.

3.2.2 Cluster „Land“

Den Cluster „Land“ bilden die stark miteinander verknüpften Handlungsfelder

- Boden,
- Landwirtschaft,
- Wald- und Forstwirtschaft und
- Biologische Vielfalt.

Die Handlungsfelder „Boden“ und „Biologische Vielfalt“ haben auch über den Cluster hinaus zahlreiche Beziehungen zu anderen Handlungsfeldern: Boden, weil er ein wichtiger Standort- und Produktionsfaktor ist, und die biologische Vielfalt, weil sie von vielen Nutzungen der Ökosystemen, wie der Land- und Forstwirtschaft, der Fischerei oder dem Tourismus, beeinflusst wird. Das Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ umfasst neben den terrestrischen natürlich auch aquatische Ökosysteme.

Die Handlungsfelder des Clusters „Land“ werden besonders von graduellen Temperatur- und Niederschlagsveränderungen und bei einem starken Klimawandel von zunehmender Trockenheit beeinflusst (siehe Tabelle 17). Steigende Temperaturen und Trockenheit beeinträchtigen die biologischen Prozesse im Boden und verringern – je nach Bodentyp und Pflanzenart verschieden stark – die Erträge der Land- und Holzwirtschaft. Sie beeinflussen die Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten. Zugleich verstärken sie das Schadenspotenzial durch Schädlinge, die sich vor allem in der Forstwirtschaft langfristig negativ auswirken können. Besonders betroffen von diesen zentralen Klimawirkungen sind das südliche Brandenburg und Sachsen; Regionen, die schon jetzt überdurchschnittlich warm und trocken sind.

Tabelle 17: Klimasignale im Cluster „Land“ und Anzahl der Klimawirkungen, die durch diese Klimasignale beeinflusst werden, bei insgesamt 21 Klimawirkungen im Cluster „Land“

Klimasignale	Anzahl Klimawirkung	Gegenwart		Nahe Zukunft, schwacher Wandel		Nahe Zukunft, starker Wandel	
		Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung	Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung	Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung
Niederschlag	16	4	0	5	0	12	3
Temperatur	16	5	0	6	0	10	5
Trockenheit	11	3	0	3	0	9	2
Hitze	6	1	0	1	0	5	1
Starkwind	4	1	0	1	0	4	0
Wind	3	0	0	0	0	3	0
CO2-Gehalt der Luft	2	0	0	1	0	0	1
Starkregen	2	0	0	0	0	2	0
Feuchtigkeit	1	0	0	0	0	1	0
Frost	1	0	0	0	0	1	0
Hagel	1	0	0	0	0	1	0
Sturzfluten	1	0	0	0	0	1	0

Die Landwirtschaft kann teilweise durch den Temperaturanstieg und CO_2-Anstieg auch Vorteile aus dem Klimawandel ziehen. Gleichzeitig kann sie sich aufgrund der vergleichsweise kurzen Pflanz- und Erntezyklen relativ schnell an veränderte Klimabedingungen anpassen. Die anderen drei Handlungsfelder des Clusters „Land“ hingegen brauchen deutlich längere Anpassungszeiträume: Die Forstwirtschaft muss wesentlich langfristiger planen, und auch die Bodennutzung hängt von langfristigen Planungsprozessen ab. Viele Elemente der Lebensraum- und Artenvielfalt passen sich im Rahmen der natürlichen Sukzession an, ohne dass der Mensch dies beschleunigen kann.

3.2.3 Cluster „Infrastrukturen“

Die drei Handlungsfelder der Deutschen Anpassungsstrategie, die stärker als andere von langlebigen, gebauten Infrastrukturen abhängen, wurden im Cluster „Infrastrukturen“ zusammengefasst:

- Bauwesen,
- Energiewirtschaft und
- Verkehr, Verkehrsinfrastruktur.

Entsprechend sind diese Handlungsfelder untereinander stark verknüpft. Sie haben zudem alle zahlreiche Wechselbeziehungen zum Cluster „Wirtschaft“.

Vor allem extreme Wetterereignisse können zu Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen führen (siehe Tabelle 18). Daher werden viele Klimafolgen in diesem Cluster durch Hitze, Starkwind und Flusshochwasser verursacht. Mit der projizierten zunehmenden Häufigkeit dieser Wetterextreme steigt auch die Bedeutung ihrer Auswirkungen, vor allem die von Hitze und Flusshochwasser. Ballungsräume mit ihrer hohen Dichte an Bevölkerung und Infrastrukturen sind räumliche Schwerpunkte dieses Clusters und Ansatzpunkte für Anpassung.

Temperatur und Niederschlag und ihre graduellen Änderungen haben im Cluster „Infrastrukturen“ vor allem Auswirkungen auf das Handlungsfeld „Energiewirtschaft“. Während der Energieaufwand für das winterliche Heizen mit steigenden Temperaturen sinkt, verbraucht die Kühltechnik im Sommer mehr Energie.

Tabelle 18: Klimasignale im Cluster „Infrastrukturen“ und Anzahl der Klimawirkungen, die durch diese Klimasignale beeinflusst werden, bei insgesamt 18 Klimawirkungen im Cluster „Infrastrukturen“

Klimasignale	Anzahl Klimawirkung	Gegenwart		Nahe Zukunft, schwacher Wandel		Nahe Zukunft, starker Wandel	
		Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung	Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung	Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung
Hitze	6	3	0	3	0	3	2
Flusshochwasser	5	2	0	2	0	1	2
Starkwind	5	1	0	0	0	1	0
Temperatur	5	1	0	0	0	3	0
Niederschlag	4	1	0	1	0	2	0
Sturmfluten	4	1	0	1	0	1	2
Blitz	3	0	0	0	0	1	0
Frost	3	0	0	1	0	3	0
Schneefall	3	0	0	0	0	1	0
Trockenheit	3	1	0	1	0	2	0
Sturzfluten	2	2	0	2	0	0	2
Wind	1	0	0	0	0	0	0
Meeresspiegelanstieg	1	0	0	0	0	0	0

Der Cluster „Infrastrukturen“ ist aufgrund des hohen Schadenpotentials durch klimatisch bedingte Extremereignisse zentral für die weitere Anpassung. Eine Umgestaltung von langlebigen Infrastrukturen wie Gebäude, Kraftwerke oder Straßen ist in der Regel mit langen Planungszeiträumen verbunden, da integrierte Planungsprozesse erforderlich sind. Solche Planungsprozesse können zur Vermeidung von Schäden durch den Klimawandel beitragen, da Lage und Ausstattung der Infrastrukturen (beispielsweise mit Schutzeinrichtungen) ihre Sensitivität entscheidend beeinflussen.

3.2.4 Cluster „Wirtschaft“

Der Cluster „Wirtschaft“ setzt sich aus den Handlungsfeldern der Deutschen Anpassungsstrategie zusammen, die das produzierende Gewerbe und den Dienstleistungsbereich abdecken und die größtenteils privatwirtschaftlich organisiert sind:

- Industrie und Gewerbe,
- Tourismuswirtschaft und
- Finanzwirtschaft.

Neben den Änderungen von Temperatur und Niederschlag haben Hochwasserereignisse aller Art, aber auch andere Extremwetterereignisse, zahlreiche und bedeutende Wirkungen für den Cluster „Wirtschaft“ (siehe Tabelle 19). Klimatisch bedingte Extremereignisse können den Warenverkehr beeinträchtigen, Produktionsprozesse unterbrechen und Anlagen beschädigen. Damit verbunden sind in der Regel große Schäden und Umsatzeinbrüche, für die teilweise die Versicherungswirtschaft Rücklagen aus erhöhten Beiträgen bilden muss. Eine gesonderte Rolle spielt veränderter Schneefall: Während die Abnahme der Schneesicherheit starke negative Folgen für den Wintersport hat, kann zu viel Schnee zu Schäden an Betriebsanlagen von Industrie und Gewerbe führen und Logistik- und Produktionsprozesse unterbrechen.

Der Cluster „Wirtschaft“ ist besonders intensiv auch von internationalen Entwicklungen beeinflusst. Durch die Globalisierung und die internationale Ausrichtung aller Handlungsfelder dieses Clusters spielen der globale Klimawandel – nicht nur Klimasignale und -wirkungen in Deutschland – eine wichtige Rolle.

Tabelle 19: Klimasignale im Cluster „Wirtschaft“ und Anzahl der Klimawirkungen, die durch diese Klimasignale beeinflusst werden, bei insgesamt 14 Klimawirkungen im Cluster „Wirtschaft“

Klimasignale	Anzahl Klimawirkung	Gegenwart		Nahe Zukunft, schwacher Wandel		Nahe Zukunft, starker Wandel	
		Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung	Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung	Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung
Temperatur	8	0	0	0	0	5	0
Flusshochwasser	7	2	0	3	0	4	1
Niederschlag	6	0	0	0	0	4	0
Schneefall	6	0	0	1	0	5	0
Sturmfluten	6	1	0	2	0	3	1
Sturzfluten	6	1	0	2	0	3	1
Hitze	5	0	0	0	0	4	0
Starkwind	5	1	0	2	0	3	1
Feuchtigkeit	3	0	0	0	0	3	0
Klimawandel global und andere Treiber	3	0	0	0	0	1	0
Blitz	2	0	0	0	0	1	0
Frost	2	0	0	0	0	1	0
Hagel	2	0	0	0	0	1	0
Meeresspiegelanstieg	2	0	0	0	0	1	0

Klimasignale	Anzahl Klimawirkung	Gegenwart		Nahe Zukunft, schwacher Wandel		Nahe Zukunft, starker Wandel	
		Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung	Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung	Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung
Starkregen	2	0	0	0	0	1	0
Trockenheit	1	0	0	0	0	0	0

Vor allem die Auswirkungen auf die Finanz- und Versicherungswirtschaft sind nicht zu regionalisieren, da Banken und Versicherungen in der Regel mindestens bundesweit, häufig international, agieren. Die Klimawirkungen des Handlungsfeldes „Industrie und Gewerbe“ zeigen besonders starke Ausprägungen im wirtschaftsstarken südwestdeutschen Raum und Rheintal, sowie in Ballungsgebieten an der Küsten und die des Handlungsfeldes „Tourismus“ in den wichtigen Tourismusregionen Küste und Alpen. Hier zeigt sich, dass die räumliche Lage von Unternehmen ihre Sensitivität entscheidend beeinflusst, vor allem mit Blick auf extreme Wetterereignisse.

Die Zeiträume, die zur Anpassung an den Klimawandel gebraucht werden, sind im Cluster „Wirtschaft“ sehr verschieden: Wenn Infrastrukturen angepasst, verlagert oder neu gebaut werden, sind längere Zeiträume notwendig. Anpassungsmaßnahmen, wie ein verändertes Unternehmensmanagement, etwa die Diversifizierung von Zulieferern, sind schneller umzusetzen.

3.2.5 Cluster „Gesundheit“

- Der Cluster „Gesundheit“ besteht aus dem Handlungsfeld menschliche Gesundheit. Dieses Cluster ist zentral für die Begründung von Anpassungsmaßnahmen von Deutschland, da Klimawirkungen in anderen Handlungsfeldern sehr häufig direkt oder indirekt die menschliche Gesundheit beeinflussen. So können Extremwetterereignisse durch Schäden an Infrastruktur Unfälle und andere gesundheitliche Beeinträchtigungen verursachen.

Besonders die Folgen von Hitze sind mit hohen Gefährdungen für die menschliche Gesundheit verbunden– in naher Zukunft, aber auch schon in der Gegenwart (siehe Tabelle 20). Sie sind abhängig vom Alter und der gesundheitlichen Verfassung der Bevölkerung. Allgemein aber kann festgestellt werden, dass aufgrund des urbanen Wärmeinseleffekts und der hohen Bevölkerungsdichte Ballungsregionen besonders exponiert sind. Mit Blick auf die relativ hohen Ozonbelastungen sollte man die Speckgürtel um die Ballungszentren mit in diesen Schwerpunktbereich einbeziehen. Insbesondere Ballungszentren in den wärmeren Regionen Deutschlands, wie Berlin, Köln oder Frankfurt am Main, sind zukünftig von Hitzeeffekten auf die menschliche Gesundheit bedroht.

Im Cluster „Gesundheit“ sind mit Blick auf bestimmte Gefährdungen kurzfristige Anpassungen möglich, beispielsweise durch öffentliche Warnsysteme oder Verhaltensinformationen. Der Ausbau von Gesundheitsinfrastruktur, Rettungs- und Hilfsdiensten braucht im Gegensatz dazu etwas mehr Zeit.

Tabelle 20: Klimasignale im Cluster „Gesundheit“ und Anzahl der Klimawirkungen, die durch diese Klimasignale beeinflusst werden, bei insgesamt 4 Klimawirkungen im Cluster „Gesundheit“

Klimasignale	Anzahl Klimawirkung	Gegenwart		Nahe Zukunft, schwacher Wandel		Nahe Zukunft, starker Wandel	
		Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung	Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung	Mittlere Bedeutung	Hohe Bedeutung
Hitze	4	1	1	2	0	0	2
Änderung der Häufigkeit austauscharmer Wetterlagen	2	1	0	1	0	0	1
Feuchtigkeit	2	1	0	1	0	1	0
Ozonkonzentration	2	1	0	1	0	0	1
Strahlungswetterlage	2	1	0	1	0	0	1
Temperatur	2	1	0	1	0	1	0

3.2.6 Cluster „Raumplanung und Bevölkerungsschutz“ und allgemeine Anpassungskapazität

Das Cluster „Raumplanung und Bevölkerungsschutz“ besteht aus den beiden Querschnitt-Handlungsfeldern:

- Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung
- Bevölkerungsschutz.

Beide Handlungsfelder sind nur indirekt von den Folgen des Klimawandels betroffen und wurden daher hinsichtlich ihrer Anpassungskapazität im Netzwerk betrachtet. Das Handlungsfeld „Bevölkerungsschutz“ ist für den Schutz der Bevölkerung zuständig und hat als solches viele Schnittstellen (z. B. Infrastrukturen). Zur Beurteilung des Beitrags des Bevölkerungsschutzes konnte nicht auf eine entsprechende Datenbasis zurückgegriffen werden, und es besteht weiterhin Forschungsbedarf. Das Handlungsfeld „Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung“ spielt eine zentrale Rolle für die vorausschauende Anpassung an den Klimawandel der anderen Handlungsfelder.

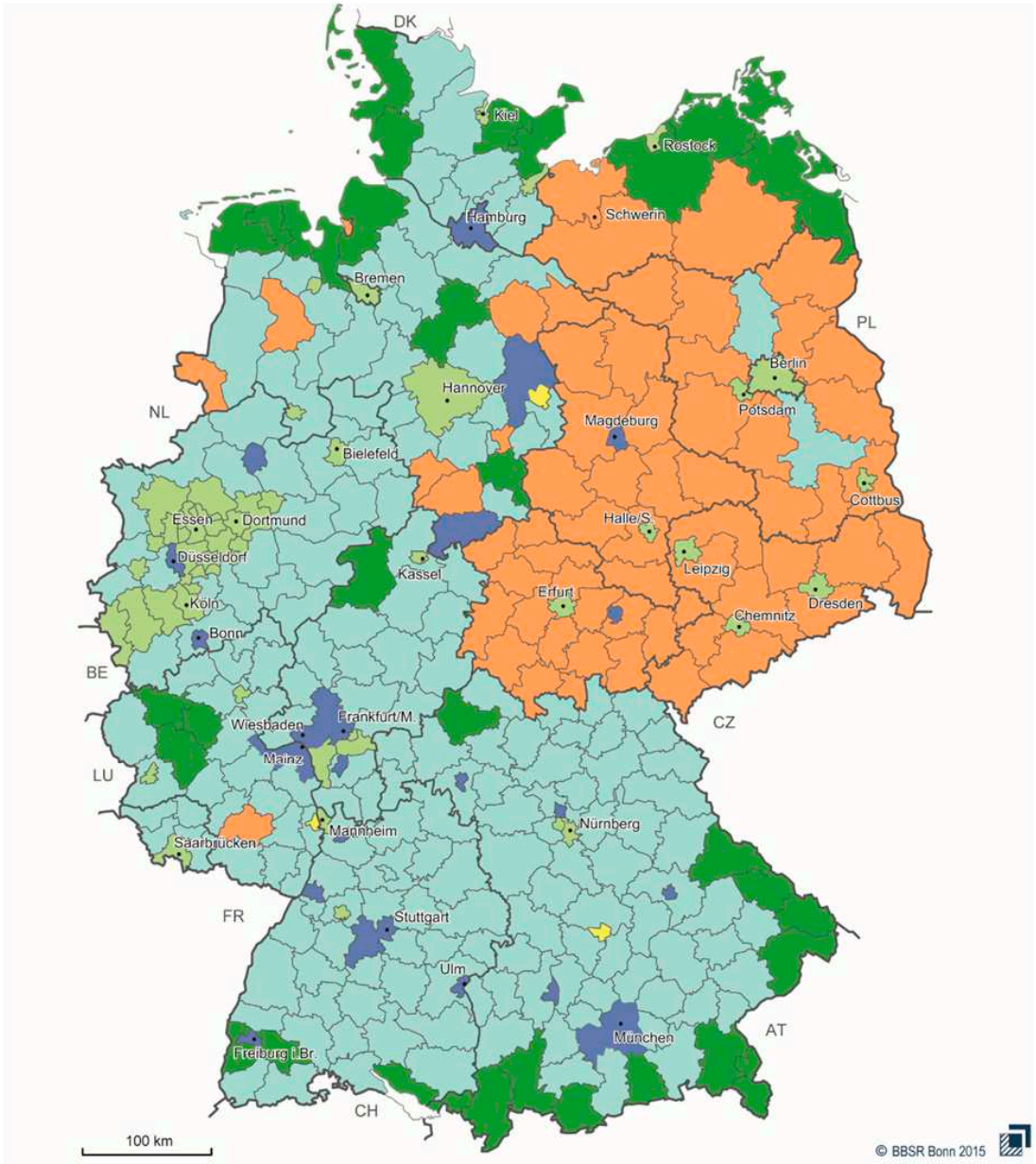
In der Regionalplanung werden bisher vor allem die anpassungsrelevanten Themen „Verschiebung der Lebensräume von Pflanzen und Tieren“ und „Schutz vor Hitzefolgen“ aufgegriffen. Es gibt noch eine Reihe weiterer Klimawirkungen (etwa Hochwasser), bei denen die Regionalplanung wichtige Maßnahmen zur Vorsorge umsetzen und anregen kann (siehe Kapitel 2).

Die Raumplanung trägt aufgrund der handlungsfeldübergreifenden Ansatzpunkte zur allgemeinen Anpassungskapazität bei. Die damit verbundenen Abwägungs- und Planungsprozesse benötigen längere Anpassungszeiträume, die zur Schaffung von Synergien und zur Klärung von Konflikten bei der Anpassung genutzt werden können.

Anpassungsmaßnahmen können nicht nur im Bereich der räumlichen Planung initiiert werden. Alle gesellschaftlichen Akteure – die öffentliche Hand, Unternehmen und Organisationen sowie Privatpersonen – sind aufgefordert, sich anzupassen und zu einem klimaresilienten Deutschland beizutragen.

Inwieweit Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden, ist auch eine Frage der ökonomischen und sozialen Bedingungen in den Gemeinden und Regionen. Sie werden hier als allgemeine (handlungsfeldübergreifende) Anpassungskapazität bezeichnet. Der Osten Deutschlands beispielsweise, der verstärkt mit den Folgen von Hitze und Trockenheit auf Gesundheit, Boden, Land- und Forstwirtschaft sowie biologische Vielfalt umgehen muss, gehört im bundesdeutschen Vergleich zu den Regionen mit starken strukturellen Defiziten (siehe Abbildung 20). Dort sind Kaufkraft und Bruttowertschöpfung vergleichsweise gering. Wesentlich höher sind diese in den Ballungsregionen Süddeutschlands sowie teilweise im Norden und Westen der Republik. Letztere profitieren zudem von einer guten infrastrukturellen Ausstattung. Eine Ausnahme ist die Metropolregion Rhein-Ruhr und Bremen. Auch hier sind strukturelle Schwächen zu erkennen und die derzeit hohe Arbeitslosigkeit kann die finanziellen Möglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel von Bevölkerung und öffentlicher Hand einschränken.

Abbildung 20: Typisierung der Kreisregionen in Deutschland nach ausgewählten siedlungsstrukturellen, ökonomischen und sozialen Merkmalen



Typisierung der Kreisregionen in Deutschland nach ausgewählten siedlungsstrukturellen, ökonomischen und sozialen Merkmalen

	A	B	C	D	E	F
Regionales Bevölkerungspotenzial	–	+	–	++	––	–
Ausstattung mit hochrangiger Infrastruktur	+	++	–	++	––	––
Niveau der Arbeitslosigkeit	o	o	+	––	o	––
Kaufkraft je Einwohner	o	+	+	–	o	––
Niveau der Bruttowertschöpfung	++	++	o	o	–	––
Größe der Industriebetriebe	++	+	o	o	o	–
Übernachtungen im Fremdenverkehr	–	o	–	–	++	o

Die Ausprägung des Indikators ist im bundesweiten Vergleich ...

++ sehr günstig + günstig o durchschnittlich – ungünstig –– sehr ungünstig

Kreisregionstypen

- **A** Standorte industrieller "Global Player"
- **B** Strukturstarke, hoch verdichtete Dienstleistungszentren
- **C** Standorte mit bedeutsamen Produktions- und Dienstleistungspotenzialen
- **D** Hoch verdichtete Regionen mit strukturellen Schwächen
- **E** Peripher gelegene und gering verdichtete Regionen mit ausgeprägten touristischen Potenzialen
- **F** Teilweise peripher gelegene Regionen mit starken strukturellen Defiziten

Datenbasis: Laufende Raumbeobachtung des BBSR
Geometrische Grundlage: BKG / BBSR Kreisregionen, 31.12.2012 / Bearbeitung: G. Lackmann, S. Maretzke

Stand: 07.2015

Quelle: Maretzke, Steffen (2015): Experteninput und Kartenwerk per E-Mail von Herrn Dr. Steffen Maretzke (Bundesinstitut für Bau-, Stadt-, und Raumforschung, Referat I 1) vom 22.07.2015 und 29.07.2015. Bonn; Aktualisierte Typisierung auf Grundlage des 7. Altenberichts der Bundesregierung.

3.3 Handlungsfeldübergreifende thematische und räumliche Schwerpunkte

Mit zunehmendem Klimawandel, wie er gegenwärtig projiziert wird, steigt das Schadenspotenzial für Natur, Gesellschaft und Wirtschaft. In fast allen Clustern ist schon bis Mitte des Jahrhunderts selbst für den Fall eines schwachen Wandels mit Beeinträchtigungen zu rechnen. Ein starker Wandel kann für alle Cluster erhebliche Gefährdungen mit sich bringen. Bis Ende des Jahrhunderts lassen die Klimamodelle noch deutlich stärkere Klimaänderungen mit entsprechend stärkeren Auswirkungen in den einzelnen Clustern erwarten (siehe Kapitel D1 des Fortschrittsberichts).

Das Schadenspotenzial von Hochwasser (Flusshochwasser, Sturzfluten und Sturmfluten) sowie Hitze und graduellen Temperaturänderungen wird als besonders hoch eingeschätzt. Jedes dieser Klimasignale kann in den zentralen Clustern „Wasser“, „Gesundheit“ und „Infrastrukturen“ schwere negative Folgen haben. Für das hohe Schutzgut der menschlichen Gesundheit ist vor allem Hitze eine große Gefährdung. Infrastrukturen, welche sehr große Sachwerte darstellen, können von allen Extremwetterereignissen schwer beschädigt werden.

Neben Klimasignalen (und -änderungen) müssen auch Sensitivitäten und die Anpassungskapazität räumlich differenziert betrachtet werden. So haben Ballungszentren vor allem gegenüber gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels und Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen eine hohe Sensitivität, da sie im Vergleich zu ländlichen Regionen dichter besiedelt und bebaut sind. Gleichzeitig bieten viele Ballungszentren gute Voraussetzungen zur Anpassung an den Klimawandel, sowohl hinsichtlich der Bevölkerungsstruktur als auch der finanziellen Ressourcen. Eine besonders hohe Gefährdung stellt der Klimawandel für wirtschaftlich schwache Regionen und solche mit einer sinkenden Wirtschaftskraft (zum Beispiel aufgrund einer abnehmenden Bevölkerung) dar. Hier sind die Ressourcen zur Anpassung an Klimawirkungen geringer. Dies wird umso problematischer, je mehr mit steigenden Schäden an (teuren) Infrastrukturen zu rechnen ist.

Die zentralen Ergebnisse der vom Netzwerk Vulnerabilität durchgeführten Analysen und Bewertungen können abschließend zu sechs handlungsfeldübergreifenden und räumlichen Schwerpunkten der Folgen des Klimawandels zusammengefasst werden (siehe Abbildung 21):

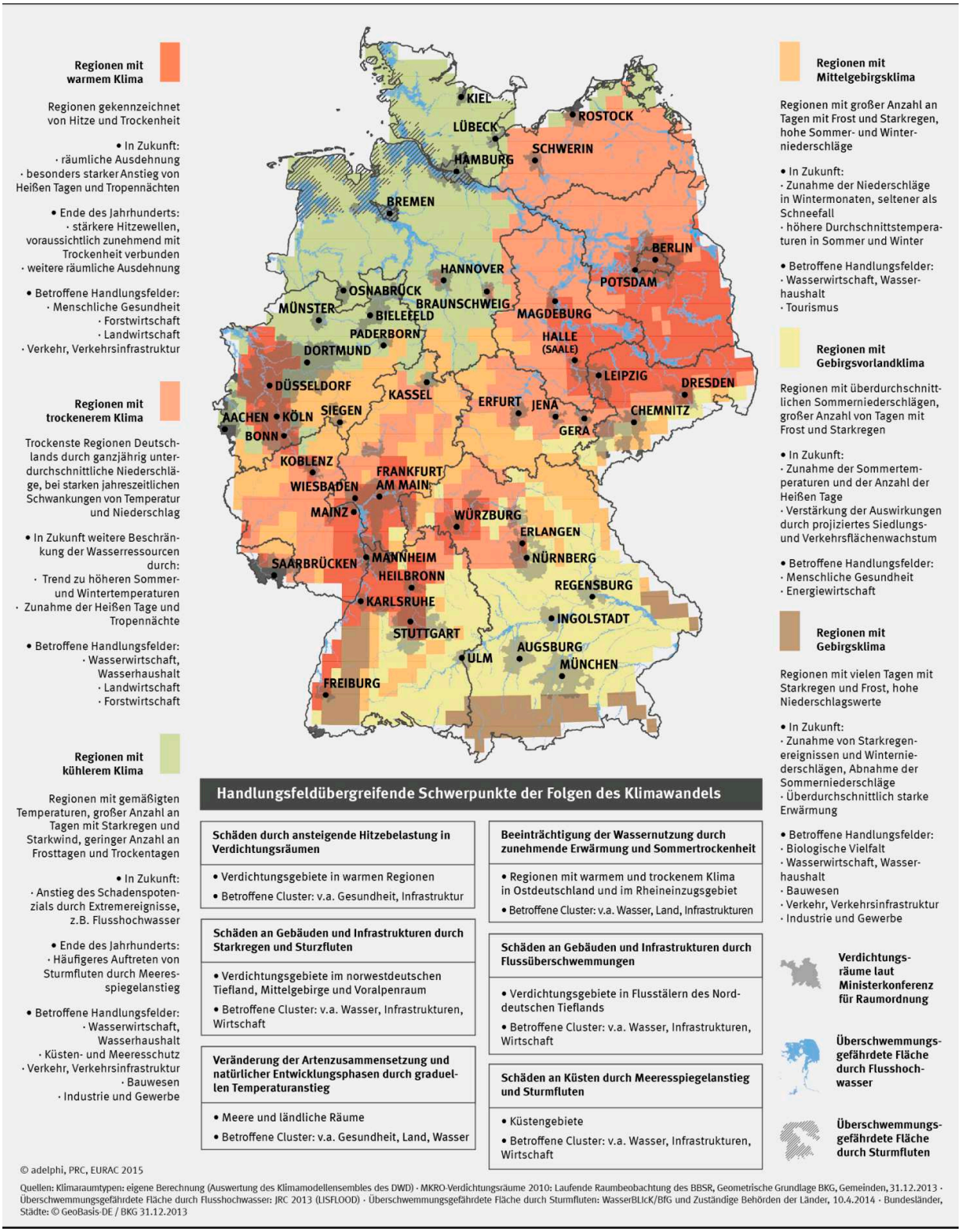
1. Schäden durch ansteigende Hitzebelastung in Verdichtungsräumen (besonders betroffene Cluster: Gesundheit und Infrastrukturen; räumlicher Schwerpunkt: Ballungsgebiete in warmen Regionen, die sich in Zukunft noch ausdehnen werden)
2. Beeinträchtigung der Wassernutzungen durch zunehmende Erwärmung und (in ferner Zukunft) vermehrter Sommertrockenheit (besonders betroffene Cluster: Wasser, Land und Infrastrukturen; räumlicher Schwerpunkt: Regionen mit warmem und trockenerem Klima in Ostdeutschland und dem Rhein-Einzugsgebiet)
3. Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Starkregen und Sturzfluten in urbanen Räumen (besonders betroffene Cluster: Wasser, Infrastrukturen und Wirtschaft, räumlicher Schwerpunkt: Ballungszentren im nordwestdeutschen Tiefland, Mittelgebirge und südwestdeutschem Raum)
4. Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Flussüberschwemmungen (besonders betroffene Cluster: Wasser, Infrastrukturen und Wirtschaft; räumlicher Schwerpunkt: Ballungsräume in Flusstälern des Norddeutschen Tieflands, aber auch Einzugsgebiete des Rheins und der Donau)
5. Schäden an Küsten infolge von (in ferner Zukunft verstärktem) Meeresspiegelanstieg und damit verbundenem erhöhtem Seegang sowie steigender Sturmflutgefahr (besonders betroffene Cluster: Wasser, Infrastrukturen und Wirtschaft; räumlicher Schwerpunkt: Küste)
6. Veränderung der Artenzusammensetzung und der natürlichen Entwicklungsphasen durch einen graduellen Temperaturanstieg (besonders betroffene Cluster: Gesundheit, Land, Wasser; räumliche Schwerpunkte: Meere und ländliche Räume)

Der Anstieg der Hitzebelastung ist das deutlichste und stärkste Klimasignal mit erheblichen Auswirkungen auf Gesundheit und Infrastrukturen, insbesondere in Ballungsräumen. Parallel sind die Wasser-, Land- und Forstwirtschaft besonders von ansteigender Erwärmung und in ferner Zukunft von Trockenheit bedroht. Die gegenüber dem Klimawandel vulnerabelsten Regionen Deutschlands sind Kreise mit strukturellen Defiziten, die in Regionen mit warmem Klima liegen und damit am stärksten von Hitze und Trockenheit betroffen sind.

Weitere vulnerable Regionen sind aufgrund des erwarteten Anstiegs der sommerlichen Starkregen und der Winterniederschläge strukturschwache Ballungsräume mit hohem Anteil an überschwemmungsgefährdeten Gebieten. Diese können nicht nur von Flusshochwasser sondern auch von durch Starkregen ausgelösten Überschwemmungen oder Sturzfluten betroffen werden.

Langfristig werden besonders Küstenregionen sowie Arten und Lebensräume von dem graduellen Temperaturanstieg bedroht werden, die an einzigartige und empfindliche Regionen gebunden sind, wie das Wattenmeer und das Hochgebirge.

Abbildung 21: Regionale Betroffenheit und handlungsfeldübergreifende Folgen des Klimawandels in Deutschland (nahe Zukunft)



3.4 Erkenntnisse für ein zukünftiges Vorgehen

Empfehlungen zum weiteren Forschungsbedarf

Die Vulnerabilitätsanalyse hat weiteren Forschungsbedarf auf Ebene des Systemverständnisses, der Verfügbarkeit von geeigneten Daten, Indikatoren und Modellen ergeben. Diese Faktoren hängen meist miteinander zusammen (Details siehe Abschlussbericht Netzwerk Vulnerabilität).

Grundsätzlich können trotz des Forschungsbedarfs bereits jetzt belastbare Aussagen zu möglichen Klimawirkungen getroffen werden, weil der Trend der klimatischen Entwicklungen vielfach deutlich erkennbar ist. Insbesondere durch Temperaturanstieg bedingte Klimawirkungen können vergleichsweise robust beschrieben und projiziert werden. Bei den Klimaprojektionen haben die Daten zu Starkwind noch große Bandbreiten, die zu hohen Unsicherheiten in den Aussagen führen. Die Aussagen zur Entwicklung der Meeresspiegelanstiege an der deutschen Nord- und Ostseeküste und die damit zusammenhängende Erhöhung der Sturmfluten ist ebenfalls noch Forschungsgegenstand.

Die Kenntnis zur Sensitivität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel und möglicher sozioökonomischen Entwicklungen ist deutlich geringer als die Kenntnisse zu den möglichen klimatischen Entwicklungen. Es besteht weiterer Forschungsbedarf, um geeignete sozioökonomische Daten bereit zu stellen und Indikatoren zu entwickeln, die den Zusammenhang zwischen sozio-ökonomischen Merkmalen und der Empfindlichkeit gegenüber dem Klimawandel spezifisch erfassen und in hoher regionaler Auflösung abbilden können. Je nach Klimawirkung werden zusätzliche Daten zu unterschiedlichen Einflussfaktoren benötigt. Zudem besteht Forschungsbedarf hinsichtlich der Modellierung von langfristigen sozioökonomischen Veränderungen, um die Sensitivität in ferner Zukunft einschätzen zu können.

Ebenfalls gering ist die Kenntnis der allgemeinen Anpassungskapazität. Hier fehlen sowohl eine konsistente und einheitliche Methodik zur Quantifizierung als auch geeignete Daten. Zur detaillierten Ableitung der Anpassungskapazität der einzelnen Handlungsfelder und in Bezug auf einzelne Klimawirkungen müssten von den zuständigen Ressorts belastbare Aussagen, auch unter Berücksichtigung der finanziellen Kapazitäten, über konkrete Anpassungsmöglichkeiten bereit gestellt werden sowie die Möglichkeiten der privaten Akteure untersucht werden. Aufgrund der Datenlage konnten im Handlungsfeld „Bevölkerungsschutz“, welches als Teil der allgemeinen Anpassungskapazität angesehen werden kann, keine Aussagen getroffen werden. Im Bereich der Raumplanung fehlen bundesweite Daten zu tatsächlichen Anpassungsaktivitäten auf der kommunalen Ebene. Eine Evaluation der Maßnahmen auf allen politischen Ebenen würde Aussagen zu Anpassungskapazität pro Klimawirkung erlauben, die in dieser Analyse nicht berücksichtigt werden konnten.

Über 40 der 72 als potenziell relevant bewerteten Klimawirkungen konnten teilweise aufgrund fehlenden Systemverständnisses, meist aber wegen fehlender bundesweiter Daten nicht über Modelle oder Indikatoren quantifiziert werden. Stattdessen wurden sie auf Basis von Expertengesprächen qualitativ eingeschätzt. 24 der so quantifizierten Klimawirkungen wurde nur eine geringe Gewissheit bescheinigt. Hier wäre die Entwicklung von Indikatoren, für die bundesweit einheitlich Daten erhoben werden können, gekoppelt mit einer Modellierung künftiger Entwicklungen wünschenswert. Beispielsweise laufen am Umweltbundesamt derzeit mehrere Forschungsprojekte, um besser zu verstehen, wie sich der Klimawandel auf die Ausbreitung von Überträgern von Krankheitserregern auswirken kann. Ein besseres Verständnis der Ausbreitung von Arten infolge des Klimawandels ist auch für die Handlungsfelder Fischerei, Biologische Vielfalt, Forst- und Landwirtschaft von Bedeutung.

23 der relevanten Klimawirkungen wurden auf Basis von Indikatoren quantifiziert. Eine geringe Gewissheit haben hiervon die Aussagen zu 7 Klimawirkungen. Teilweise besteht dort noch der Bedarf an zusätzlichen Datensätzen, insbesondere zur Sensitivität, um das vorhandene Systemverständnis besser abbilden zu können, beispielweise Daten zum Gebäudezustand im Handlungsfeld Bauwesen. Teilweise werden auch neue Wirkmodelle benötigt, um der Komplexität der jeweiligen Systeme gerecht zu werden und die Auswirkungen des Klimawandels besser einschätzen zu können. Ein Beispiel ist die räumliche Zuordnung von Störungen des Verkehrs- und Energiesystems: Ordnet man die Folgen einer Störung dem jeweiligen Kreis zu, wo die Störung (z. B. infolge von Hochwasser), auftritt oder eher dem Quell- und/oder Zielgebiet des Verkehrs bzw. dem Versorgungsgebiet?

16 der Klimawirkungen wurden mithilfe von Wirkmodellen abgebildet, 3 nur mit geringer Gewissheit. Aufgrund fehlender Datensätze war es teilweise nicht möglich, vorhandene komplexere Modelle zu benutzten oder spezifische Randbedingungen zu beachten. Ein Beispiel ist ein fehlender bundesweiter Datensatz zu Deichen an Flussläufen und Küsten.

Während es bei der Mehrzahl der 72 untersuchten Klimawirkungen mit mittlerer bis hoher Gewissheit möglich ist, Aussagen zu zukünftigen Entwicklungen zu treffen, können für 31 Klimawirkungen nur Aussagen mit geringer Gewissheit getroffen werden. Besonders bei den Klimawirkungen, denen heute bereits eine mittlere oder zukünftig eine hohe Bedeutung hinsichtlich ihrer Wirkungen auf Deutschland aber eine geringe Gewissheit bescheinigt wurde, besteht erhöhter Forschungsbedarf. Dies betrifft folgende Klimawirkungen:

Forstwirtschaft:	• Schäden durch Windwurf • Schäden durch Schadorganismen
Fischerei:	• Gebietsfremde Arten, Artenspektrum • Wachstum, Reproduktion und Sterblichkeit von Fischbeständen
Küsten- und Meeresschutz:	• Belastung von Bauwerken und Infrastrukturen • Schäden an Küsten (naturräumliche Veränderungen) • Sturmfluten
Bauwesen:	• Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch Sturmfluten • Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch Starkwind
Industrie und Gewerbe:	• Gefahr einer möglichen Freisetzung von gefährlichen Stoffen

Empfehlungen für ein integriertes und langfristige Vorgehen bei der Anpassung

Wie die oben beschriebene Analyse zeigt, hat der Klimawandel handlungsfeld- und damit ressortübergreifende Auswirkungen. Außerdem sind mögliche Klimawirkungen zwar regional verschieden, aber dennoch so großräumig, dass eine länderübergreifende Zusammenarbeit sinnvoll und wünschenswert wäre. Daher unterstreichen die Ergebnisse die Notwendigkeit des in der DAS verankerten integrativen Handlungsansatzes.

Insbesondere die Cluster Gesundheit, Wasser und Infrastrukturen erfordern einen integrativen Ansatz bei der Anpassung an den Klimawandel, da sie besonders viele Verknüpfungen mit anderen Clustern aufweisen: Wasser, weil es am Anfang vieler kaskadischer Auswirkungen des Klimawandels steht, und die Gesundheit, weil sie das Ende von vielen im Netzwerk Vulnerabilität identifizierten Wirkungsketten bildet. Der Bau und die Anpassung von Infrastrukturen wiederum sind oft verbunden mit integrierten, sektorenübergreifenden Planungsprozessen. Eine integrierte Betrachtung unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Schutzzielen wird von dem für die Anpassungskapazität zentralen Cluster Raumplanung und Bevölkerungsschutz geleistet.

Integrative Ansätze benötigen grundsätzlich längere Zeithorizonte. Dies gilt für integrierte Planungsprozesse mit ihren längeren Fristen, bevor Maßnahmen in die Umsetzung kommen können. Lange Zeiträume für die Anpassung an den Klimawandel werden aber auch benötigt, wenn Infrastruktursysteme (wie das Straßennetz) angepasst werden sollen. Auch die Anpassung komplexer natürlicher Systeme, auf die der Mensch nur einen begrenzten Einfluss hat (etwa die Bestände von Flora und Fauna) ist zeitintensiv. In vielen Handlungsfeldern ist es daher wichtig, schon heute Anpassungsmaßnahmen zu initiieren, auch wenn die Auswirkungen des Klimawandels derzeit noch gering erscheinen mögen (siehe Kapitel E 3 und Anhang 3).

Die durch Experteninterviews ermittelte Anpassungskapazität der meisten Handlungsfelder, außer der biologischen Vielfalt, der Forstwirtschaft und der Fischerei, wird in Deutschland als mittel bis hoch eingeschätzt. Damit diese wirksam werden kann, müssen Anpassungsmaßnahmen geplant und umgesetzt werden. Umsetzungsdefizite bei der Nutzung der Anpassungskapazitäten sollten mittels einer Evaluation der Maßnahmenumsetzung auf allen Ebenen identifiziert werden. Darüber hinaus sollten bei der künftigen Maßnahmenplanung und -umsetzung die sehr unterschiedlichen sozioökonomischen Voraussetzungen beachtet werden, die zu einer unterschiedlichen allgemeinen Anpassungskapazität führen. Die bereits jetzt zunehmende soziale Ungleichheit zwischen den Regionen kann dazu führen, dass benachteiligte Regionen in Zukunft noch größere Probleme bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen haben. Dadurch könnte die soziale Ungleichheit in Deutschland durch den Klimawandel zusätzlich ansteigen.

Ein weiterer Punkt ergibt sich noch aus der Betrachtung der Auswirkungen des Klimawandels auf Deutschland: Eine erfolgreiche Verringerung der Vulnerabilität hängt entscheidend davon ab, Klimaanpassung, Raumentwicklung, Klima-,Umwelt- und Naturschutz gemeinsam zu denken und zu realisieren. Deutschland kann nur dann langfristige, Klimawandel bedingte Gefährdungen wirklich mindern, wenn Anpassungsmaß-

nahmen dem Klima- und Umweltschutz nicht zuwider laufen. So kann beispielsweise die flächendeckende Einführung von Raumklimageräten keine geeignete Maßnahme gegen die zunehmende Aufheizung von Innenstädten sein. Vielmehr ist die Schaffung von Frischluftschneisen und Kaltluftentstehungsgebieten, also eine klimagerechte Stadtentwicklung, notwendig. Auch in anderen Handlungsfeldern ist eine erfolgreiche Bewältigung der Herausforderungen des Klimawandels nur durch integrierte, langfristig ausgerichtete und umweltpolitisch vorausschauende Maßnahmen möglich. Diese Beispiele zeigen, was die Auswertung der Vulnerabilität Deutschlands insgesamt unterstreicht: Eine erfolgreiche Verringerung der Vulnerabilität erfordert ein langfristiges, integriertes und gleichzeitig auch umweltgerechtes Vorgehen.

Anhang 3 des Fortschrittsberichts

Aktionsplan Anpassung II

Stand: 09.11.2015

Erläuterungen zu den Tabellen des APA II

Allgemeine Hinweise

Die Excel-Tabelle enthält 5 Tabellenblätter, welche die Klimawirkungen je Cluster aufzeigen (KW Wasser, KW Infrastrukturen, etc.). Für die querschnittsorientierten Cluster „Raumplanung und Bevölkerungsschutz“ und „Übergreifend“ gibt es keine zugeordneten Klimawirkungen, diese beiden Tabellen entfallen demzufolge. Es gibt für alle 7 Cluster Tabellen mit den zugeordneten Maßnahmen und Instrumenten (I-M Wasser, I-M Infrastrukturen, etc.).

Erläuterungen zu den Tabellen mit Klimawirkungen (KW)

Bewertung der Klimawirkung:

Diese Information ist aus der Vulnerabilitätsanalyse (Fortschrittsbericht Anhang 1, Kapitel 2) übernommen und wird hier wiederholt. Sie ist Grundlage für die Ermittlung des Handlungserfordernisses.

Anpassungsdauer:

Die Anpassungsdauer bezieht sich auf den Zeitraum, den ein System bzw. ein Handlungsfeld zur Anpassung benötigt. Diese ist von unterschiedlichen Faktoren abhängig und wird hier entweder mit kurz oder lang eingeschätzt. Ist die Anpassungsdauer lang, dann sollte frühzeitig mit der Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen begonnen werden. Diese Information ist daher eine weitere Grundlage für die Ermittlung des Handlungserfordernisses.

Handlungserfordernis:

Handlungserfordernisse gibt es in Bezug auf alle Handlungsfelder und Klimawirkungen. An dieser Stelle sollen – im Sinne einer Prioritätensetzung für erforderliche Maßnahmen und Instrumente – nur mittlere und hohe Handlungserfordernisse identifiziert und farblich gekennzeichnet werden. Das Handlungserfordernis wurde wie folgt berechnet: Handlungserfordernis (x) = Bewertung der Klimawirkung in der Gegenwart (t0) + Bewertung der Klimawirkung in naher Zukunft mit starkem Wandel (t1) + Anpassungsdauer

Erläuterungen zu den Tabellen mit den Maßnahmen und Instrumenten (I-M)

Die Tabellen listen die gemeldeten Aktivitäten des Bundes nach Maßnahmen- und Instrumententyp (Anpassung von Infrastrukturen, Anpassung von Rechtsinstrumenten, etc.) sortiert auf. Neben den Informationen zur Maßnahme werden in Spalte F Klimawirkungen mit einem Kürzel zugeordnet. Klimawirkungen mit mittlerem und hohem Handlungserfordernis wurden entsprechend farblich gekennzeichnet. Damit erfolgt die Verknüpfung zu den Tabellen mit den Klimawirkungen (KW Wasser, KW Infrastrukturen, etc.).

Hinweise zur Spalte Finanzierung

In der Spalte sind soweit möglich Schätzwerte für den voraussichtlichen Finanzierungbedarf angegeben. Für Maßnahmen und Instrumente, für die bereits eine bundesseitige Finanzierungsquelle und Haushaltsansätze zur Verfügung stehen, wurden diese angegeben. Für die anderen Maßnahmen und Instrumente gilt ein Finanzierungs- und Prüfungsvorbehalt. Dieser ist durch den Hinweis "offen" gekennzeichnet. Die Einträge "keine Angaben" (K.A.) beziehungsweise "keine zusätzlichen Kosten" sind dort gemacht, wo es sich a) um angestrebte regulatorische und gesetzgeberische Maßnahmen oder rein planerische Instrumente beziehungsweise deren Prüfung oder b) um im Wege der Vereinbarung mit anderen Akteuren umzusetzende Maßnahmen handelt, für die eine Finanzierungsbeteiligung des Bundes nicht abzusehen ist.

Cluster Wasser

Klimawirkung		Bewertung der Klimawirkung			Anpassungs-dauer	Handlungs-erfordernis Hoch mittel
		Gegenwart	nahe Zukunft			
			schwacher Wandel	starker Wandel		
Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft						
WW						
WW-01	Durchfluss	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
WW-02	Flusshochwasser und Sturzfluten	mittel	mittel	hoch	lang	
WW-03	Auswirkung auf Kanalnetz und Kläranlagen	mittel	mittel	hoch	lang	
WW-05	Wasserverfügbarkeit aus Grundwasser	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
WW-06	Wasserverfügbarkeit aus Oberflächengewässern	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
WW-07	Trinkwasserverfügbarkeit	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
WW-08	Talsperrenbewirtschaftung	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
WW-09	Gewässerzustand	niedrig	niedrig	mittel	lang	
Küsten- und Meeresschutz						
KUE						
KUE-01	Belastung von Bauwerken und Infrastrukturen	niedrig	niedrig	hoch	lang	
KUE-02	Schäden an Küsten (naturräumliche Veränderungen)	niedrig	mittel	hoch	lang	
KUE-03	Sturmfluten	mittel	mittel	hoch	lang	
Fischerei						
FI						
FI-01	Gebietsfremde Arten, Artenspektrum	mittel	mittel	hoch	lang	
FI-02	Wachstum, Reproduktion und Sterblichkeit von Fischbeständen	niedrig	mittel	hoch	lang	
FI-03	Aquakulturen (Schäden inklusive)	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
FI-04	Fangbedingungen	niedrig	niedrig	mittel	kurz	

Cluster Infrastrukturen

Klimawirkung		Bewertung der Klimawirkung			Anpassungs-dauer	Handlungs-erfordernis hoch mittel
		Gegenwart	nahe Zukunft			
			schwacher Wandel	starker Wandel		
Bauwesen						
BAU						
BAU-01	Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch Sturmfluten	niedrig	niedrig	hoch	lang	
BAU-02	Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch Flusshoch-wasser und Sturzfluten	mittel	mittel	hoch	lang	
BAU-03	Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch Starkwind	mittel	niedrig	mittel	lang	
BAU-04	Stadtklima und Luftqualität	mittel	mittel	hoch	lang	
BAU-05	Innenraumklima und Kühlung	mittel	mittel	hoch	kurz	
Energie						
EW						
EW-01	Bedarf an Heizenergie	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
EW-02	Bedarf an Kühlenergie	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
EW-03	Wasserkraft	niedrig	niedrig	niedrig	lang	
EW-04	Kühlwasser für thermische Kraftwerke	mittel	niedrig	mittel	lang	
EW-05	Windenergienutzung an Land und auf See	niedrig	niedrig	niedrig	lang	
EW-06	Schäden an Kraftwerken und Erzeugungsanlagen	niedrig	niedrig	mittel	lang	
EW-07	Schäden an Leitungsnetzen	niedrig	niedrig	niedrig	lang	
EW-08	Zuverlässigkeit der Energieversorgung	niedrig	niedrig	niedrig	lang	

Verkehr, Verkehrsinfrastruktur						
VE						
VE-01	Vereisung von Binnenschifffahrtsstraßen	niedrig	niedrig	mittel	lang	
VE-02	Vereisung von Flugzeugen	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
VE-03	Hitze- und Frostschäden an Straßen, Schieneninfrastruktur, Startbahnen	niedrig	mittel	mittel	lang	
VE-04	Schiffbarkeit von Binnenschifffahrtsstraßen	niedrig	mittel	mittel	lang	
VE-05	Überschwemmung und Unterspülung von Straßen und Schieneninfrastruktur	mittel	mittel	hoch	lang	

Cluster Land

Klimawirkung		Bewertung der Klimawirkung			Anpassungs-dauer	Handlungs-erfordernis
		Gegenwart	nahe Zukunft			
			schwacher Wandel	starker Wandel		hoch / mittel
Boden						
BO						
BO-01	Bodenerosion durch Wasser und Wind/ Hangrutschung	niedrig	niedrig	mittel	lang	
BO-02	Bodenwassergehalt, Sickerwasser	mittel	mittel	hoch	lang	
BO-03	Produktionsfunktionen (Standortstabilität, Bodenfruchtbarkeit)	niedrig	niedrig	mittel	lang	
BO-04	Boden-Biodiversität, mikrobielle Aktivität	mittel	mittel	mittel	lang	
BO-05	Org. Bodensubstanz, N(P)-Haushalt, Stoffausträge	mittel	mittel	mittel	lang	
Biologische Vielfalt						
BD						
BD-01	Ausbreitung invasiver Arten	niedrig	niedrig	hoch	lang	
BD-02	Areale von Arten	niedrig	niedrig	mittel	lang	
BD-03	Ökosystemleistungen	niedrig	niedrig	mittel	lang	
BD-04	Biotope und Habitate	niedrig	niedrig	mittel	lang	
Landwirtschaft						
LW						
LW-01	Agrophänologische Phasen und Wachstumsperiode	mittel	mittel	hoch	kurz	
LW-02	Ertrag	niedrig	niedrig	niedrig	kurz	
LW-03	Trocken- und Frostschäden	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
LW-04	Schädlinge und Pflanzengesundheit	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
LW-05	Schäden durch Extreme	niedrig	niedrig	mittel	kurz	

Wald- und Forstwirtschaft						
FW						
FW-01	Baumartenzusammensetzung	niedrig	niedrig	mittel	lang	
FW-02	Nutzfunktionen	niedrig	mittel	hoch	lang	
FW-03	Schutzfunktionen	niedrig	niedrig	mittel	lang	
FW-04	Schäden durch Schadorganismen	mittel	mittel	hoch	lang	
FW-05	Hitze- und Trockenstress	niedrig	niedrig	mittel	lang	
FW-06	Waldbrandrisiko	niedrig	niedrig	mittel	lang	
FW-07	Schäden durch Windwurf	mittel	mittel	mittel	lang	

Cluster Gesundheit

Klimawirkung		Bewertung der Klimawirkung			Anpassungs-dauer	Handlungs-erfordernis hoch mittel
		Gegenwart	nahe Zukunft			
			schwacher Wandel	Starker Wandel		
Menschliche Gesundheit						
GE						
GE-01	Hitzebelastung	hoch	mittel	hoch	kurz	
GE-02	Atembeschwerden durch bodennahes Ozon	mittel	mittel	hoch	kurz	
GE-03	Überträger von Krankheitserregern	mittel	mittel	mittel	lang	
GE-04	Belastung der Rettungsdienste, Krankenhäuser und Ärzte	niedrig	niedrig	niedrig	lang	

Cluster Wirtschaft

Klimawirkung		Bewertung der Klimawirkung			Anpassungs-dauer	Handlungs-erfordernis Hoch mittel
		Gegenwart	nahe Zukunft			
			Schwacher Wandel	Starker Wandel		
Industrie und Gewerbe						
IG						
IG-01	Gefahr einer möglichen Freisetzung von gefährlichen Stoffen	mittel	mittel	mittel	lang	
IG-02	Schäden an gewerblicher und industrieller Infrastruktur durch Extremereignisse	niedrig	mittel	mittel	lang	
IG-03	Beeinträchtigung des landgestützten Warenverkehrs	mittel	mittel	hoch	lang	
IG-04	Beeinträchtigung von Produktionsprozessen und Logistik	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
IG-05	Beeinträchtigung der Produktion auf Grund von Wasser-knappheit	niedrig	niedrig	niedrig	kurz	
IG-06	Energieverbrauch für Kühlung	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
IG-07	Verfügbarkeit von Energie	niedrig	niedrig	niedrig	kurz	
IG-08	Klimawirkungen auf Absatzmärkte	niedrig	niedrig	niedrig	kurz	
IG-09	Planungsprozesse für Betriebsabläufe	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
Tourismus						
TOU						
TOU-01	Betriebsunterbrechungen	niedrig	niedrig	niedrig	kurz	
TOU-02	Klimabedingte Anforderungen an touristische Infrastruk-tur	niedrig	niedrig	mittel	lang	
TOU-03	Saisonale und regionale Nachfrageverschiebung	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
Finanzwirtschaft						
FiW						
FiW-01	Auswirkungen des Klimawandels auf die Versiche-rungswirtschaft	niedrig	niedrig	mittel	kurz	
FiW-02	Auswirkungen des Klimawandels auf die Bankenwirt-schaft	niedrig	niedrig	niedrig	kurz	

Kennung Nr. ff.		Titel und kurze Beschreibung des Instrumentes/ der Maßnahme	Handlungsfelder	Federführung / beteiligte Partner	Zeitraum	Finanzumfang/ Finanzquelle	adressierte Klimawirkungen (Kürzel siehe Tabelle Klima-wirkungen)
Cluster Wasser							
		1 Anpassung von Infrastrukturen					
1.	1	**Verstärktes Einrichten von natürlichen Überflutungsflächen bzw. Rückgewinnung von Retentionsflächen (u. a. naturnah gestaltete Polder): Deichrückverlegungen im Rahmen des NHWSP** Im Rahmen des Nationalen Hochwasserschutzprogrammes (NHWSP) sind u. a. umfangreiche Deichrückverlegungen und gesteuerte Rückhaltungen (Polder) geplant. Das NHWSP wurde im Oktober 2014 von der UMK beschlossen. Die Sonderumwelt-ministerkonferenz vom 02. September 2013 sieht die Notwendigkeit, dem Hochwasserschutz Priorität bei der Flächennutzung einzuräumen. Zukünftige Hochwasser-schutzkonzepte sollen die prognostizierten klimatischen Veränderungen berücksichtigen. Damit soll eine wirksame Hochwasservorsorge erreicht werden, die auch der Anpas-sung an die Klimawandel beinhaltet.	handlungsfeld-übergreifend	**BMUB / BfN / BfG/ UBA, Länder**	Daueraufgabe	mind. 227,4 Mio.€/ Jahr aus EU-/Bund-/Landesmitteln zzgl. Sonderrahmenplan "Präventiver Hochwas-serschutz" im Rahmen der GAK 2015: 20 Mio.€; 2016-2018 300 Mio.€ (siehe 1.9)	WW-02 BAU-02
1.	2	**Renaturierung von Fließgewässern und Auen** Um den nach WRRL vorgeschriebenen "guten Zustand" der Fließgewässer zu erreichen, sind u. a. Maßnahmen vorgese-hen, die auch der Verbesserung des Auenzustandes zugute-kommen (u. a. Landnutzungsänderungen, DRV, Uferrückbau, Anschluss von Altarmen). Das im Koalitionsvertrag der Bundesregierung vereinbarte Bundesprogramm "Blaues Band" zielt mittel- und langfristig auf die Renaturierung von Fließgewässern und Auen ab. Durch die Neuordnung der Bundeswasserstraßen werden zahlreiche BWaStr. nicht mehr für die verkehrliche Zwecke benötigt. Daraus ergeben sich konkrete Chancen, die Hydromorphologie, die ökologische Durchgängigkeit und den Zustand der Auen zu verbessern.	handlungsfeld-übergreifend	**BMUB** / UBA / BfN, BMVI / WSA / BWA /BfG, BMEL Länder	-	Finanzierung bis 2018 in Epl. 60 gesichert (2016 1 Mio.; 2017/18 je 2 Mio.)	BD WW
1.	3	**Verstärkte Umsetzung von NWRM (Natural Water Retention Measures):** Diese Maßnahmen befördern Synergien für die Umsetzung von HWRM-RL, WRRL, Natura2000-RL sowie die Anpas-sung an den Klimawandel. Als Basis kann das im Dezember 2014 verabschiedete EU-NWRM-Policy Paper dienen. Dieser Ansatz sollte auf nationaler Ebene im Rahmen der Maßnah-menplanung zur Umsetzung der WRRL und der HWRM-RL Berücksichtigung finden, u.a. bei der Realisierung des NHWSP (siehe oben).	handlungsfeldüber-greifend	**BMUB / UBA/BfN, Länder**	Daueraufgabe	vgl. 1.1	WW-02

1.	4	**Prüfung der Potenziale des Instrumentes: Überarbeitung der Betriebs- und Bewirtschaftungspläne für Talsperren, Speicher und Rückhaltebecken** Bei der ansteigenden Häufigkeit von Extremniederschlagsereignissen, können Talsperren, Speicher und Rückhaltebecken einen Großteil von Hochwasser und Niederschlag wirksam aufnehmen, dadurch verringert sich die Gefahr von Überschwemmungen. Eine optimale Betriebsweise vorhandener Talsperren und Speicher unter Berücksichtigung des eigentlichen Nutzungszwecks sollte hinsichtlich des Ausgleichs von Extremsituationen geplant werden. Dabei sind auch mögliche häufigere und länger anhaltende Trockenwetterperioden einzubeziehen.	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft	**BMUB/BMVI, Talsperrenbetreiber**		300.000€ Ressortforschung	WW-08
2 Anpassung von Rechtsinstrumenten, technischen Regeln und Normen							
1.	5	**Prüfung der Änderung des WHG und ggf. weiterer Vorschriften zur Beschleunigung des Baus von Hochwasserschutzanlagen und materieller Vorschriften zur Verbesserung des Hochwasserschutzes in Überschwemmungsgebieten** Für den Bau von Hochwasserschutzanlagen sollen (laut Koalitionsvertrag) die Möglichkeiten für beschleunigte Planungs- und Genehmigungsverfahren ausgeschöpft und zusammen mit den Ländern sowohl bundes- wie landesrechtliche Regelungen auf den Prüfstand gestellt und angepasst werden. Darüber hinaus sind aufgrund von UMK und LAWA-Beschlüssen zusammen mit den Ländern weitere Änderungen im Bereich des materiellen Hochwasserschutzes zu überarbeiten um einen verbesserten vorbeugenden Hochwasserschutz zu erreichen. Die soll durch die Änderung des WHG und ggf. weiterer Vorschriften erreicht werden.	Bauwesen Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Meeresschutz	**BMUB**	2015-2016	kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf	WW-02 BAU-02
1.	6	**Prüfung methodischer Ansätze für eine systematische Klimawandelfolgenermittlung und - bewertung im Rahmen der Flussgebietsbewirtschaftungen.** Die Bewertung des ökologischen Zustandes von Gewässern nach WRRL beruht u. a. auf der Bewertung von gewässertypspezifischen biologischen Qualitätskomponenten im Vergleich zu definierten Referenzbedingungen. Die systematische Einschätzung des Einflusses des Klimawandels auf die für die Bewertung des ökologischen Zustands relevanten Qualitätskomponenten ist daher ein wichtiger Faktor bei der Bewirtschaftungsplanung. Darüber hinaus ist auch eine Einschätzung des Einflusses des Klimawandels auf die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Zustandes von Gewässern wichtig (climate proofing).	handlungsfeldübergreifend	**BMUB**	ab 2015 Ressortforschung	140.000 € Ressortforschung	WW

1.	8	**Prüfung der Potenziale des Instrumentes: Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungs- und Gewerbegebieten**Festschreibung einer systematischen Vorgehensweise bei der Planung und einer vergleichenden ökologischen und ökonomischen Bewertung unterschiedlicher Konzepte unter Einbeziehung von dezentralen Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung. Vor allem wenn ungünstige Bedingungen vorliegen (z. B. das Erreichen funktionaler Grenzen der bestehenden Infrastrukturanlagen, hoher Sanierungsbedarf, Neuerschließungen bei Kapazitätsengpässen), sollte die Planung und Implementierung dezentraler Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung geprüft werden. Der Vorrang einer dezentralen Regenwasserbewirtschaftung in neu zu erschließenden Siedlungs- und Gewerbegebieten vor Ableitung in Kanalisationen sollte festgeschrieben werden, sofern diese Maßnahmen ökologisch und ökonomisch im Variantenvergleich besser abschneiden. Als Maßnahmen sind z. B. die Rückhaltung von Regenwasser, die dezentrale Versickerung, der Verzicht auf versiegelnde Flächenbeläge bis hin zur energetischen Nutzung von Regenwasser (Gebäudekühlung) abzuwägen. Dadurch kann die Grundwasserneubildung erhöht und eine ggf. in Folge des Klimawandels erforderlich werdende höhere Dimensionierung der Kanalisation vermieden werden. In Gebieten mit hohem Verkehrsaufkommen oder in Industrie- und Gewerbegebieten muss genau geprüft werden, ob das abzuleitende Wasser aus Umweltschutzgründen direkt versickert werden kann, ob zunächst Aufbereitungsmaßnahmen erforderlich sind oder ob es in die Kanalisation eingeleitet werden muss. Der Ausbau der Infrastruktur für den Rückhalt von Regenwasser sollte auch Kapazitäten für Starkregenereignisse vorhalten, da insbesondere bei diesen Ereignissen die vorhandenen Kapazitäten der Kanalisation überschritten werden können. Da Starkregenereignisse ein hohes Schadenspotenzial haben, sollten oberirdische Versickerungsanlagen auch als Flutmulden bzw. als Notwasserwege konzipiert werden, so kann die Versickerung und die Ableitung von Niederschlagswasser sichergestellt werden.Für Bestandsgebiete können allerdings allein aus Kostengründen wegen der dort „gewachsenen“ Entwässerungssystemen nicht die gleichen Anforderungen gelten wie für neu zu erschließende Siedlungs- und Gewerbegebiete.	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft	**BMUB**		kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf	WW-02WW-03
1.	7	**Prüfung der Potenziale des Instrumentes: Verpflichtung zur Erstellung von Risiko- und Gefahrenkarten für Starkregen und Sturzfluten** Im Rahmen der Maßnahme sollen Grundlagen für weitere Anknüpfungspunkte zur Verankerung der Starkregenvorsorge in Deutschland identifiziert werden.	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Bevölkerungsschutz	**BMUB**		120.000 € Ressortforschung	WW-02 WW-03

4 Finanzierungs- oder Anreizinstrumente							
1.	9	**Nationales Hochwasserschutzprogramm (NHWSP) und Sonderrahmenplan präventiver Hochwasserschutz** Verbesserung des präventiven Hochwasserschutzes in Deutschland durch Beschleunigung der Umsetzung von prioritären, überregional wirkenden Maßnahmen des gesteuerten und ungesteuerten Hochwasserrückhalts (Polder, Hochwasserrückhaltebecken bzw. Deichrückverlegungen). Ziel des Programms ist es, das Solidaritätsprinzip innerhalb der Flusseinzugsgebiete zu stärken und Flüssen wieder mehr Raum zu geben. Die flussgebietsweise Wirksamkeit der Maßnahmen steht somit im Fokus des NHWSP. Begleitend und zur Umsetzung bestimmter vorrangiger und länderübergreifend wirksamer Maßnahmen des NHWSP wurde ein "Sonderrahmenplan für Maßnahmen des präventiven Hochwasserschutzes" im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" eingerichtet.	handlungsfeld-übergreifend	**BMUB**,BMEL, BfN, UBA, BfG, Länder	2015-nach 2027	Sonderrahmenplan "Präventiver Hochwasserschutz im Rahmen der GAK 2015: 20. Mio; 2016-2018 300 Mio	WW-02 BAU-02
5 Forschung / Monitoring							
1.	10	**Karte der Nordseeoberflächentemperatur (SST-Karte Nordsee)** Die Karte der Nordseeoberflächentemperatur wird seit 1969 aus Messdaten unterschiedlichster Herkunft (Schiffsbeobachtungen, Bojenmessungen, Satellitenfernerkundung) generiert. Sie ist ein wichtiges Instrument für die Bewertung der ozeanographischen und klimatischen Entwicklung der Nordsee z.B. für die EU-MSRL, zur Validierung von Ozean- und Klimamodellen, zur Festlegung von Spezifikationen bei temperaturempfindlichen Baustoffen (Schifffahrt, Offshore-Industrie) und zur Erklärung von temperaturbedingten Veränderungen im Ökosystem Nordsee.	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Meeresschutz und weitere	**BSH,** verschiedene Institutionen und Behörden	seit 1969 Daueraufgabe	BSH Haushalt	KUE
1.	11	**Zeitreihe des Salz- und Wärmeinhalts der Nordsee** Salz- und Wärmebudget der Nordsee sind wichtige Grundkenntnisse für die Abschätzung der Entwicklung der physikalischen Nordsee-Zustands. Sie sind wichtige Instrumente für die Bewertung der ozeanographischen und klimatischen Entwicklung der Nordsee z.B. für die EU-MSRL, zur Validierung von Ozean- und Klimamodellen und zur Erklärung von temperaturbedingten Veränderungen im Ökosystem Nordsee.	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Meeresschutz, Biologische Vielfalt, Fischerei, Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BSH,** verschiedene Institutionen und Behörden	seit 1999 Daueraufgabe	BSH Haushalt	KUE

1.	12	**Argo Daten- und Informationsdienst** Informationen zu Temperatur, Salzgehalt und Meeresspiegelhöhe aus dem UN Messprogramm ARGO sind Basisinformationen für die Beschreibung des aktuellen Zustands (z.B. für MSRL), die Feststellung des Wärmetransports in der thermohalinen Zirkulation aus den tropischen in die mittleren und höheren Breiten sowie von der Atmosphäre in den tiefen Ozean, für die Überwachung des ozeanischen Meeresspiegelanstiegs sowie für die Generierung von klimatologischen Zeitreihen und Referenzzuständen für die Ermittlung von vergangenen und zukünftigen Klimazuständen.	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Meeresschutz Biologische Vielfalt, Fischerei und weitere	**BSH,** Forschungsinstitute, EuroArgo, ARGO International, ARGO Sekretariat	seit 1990 Daueraufgabe	BSH Haushalt	KUE
1.	13	**Nachhaltiges Landmanagement: Verbundprojekt COMTESS:** Nachhaltiges Küstenzonenmanagement -Vergleichende Untersuchung von Ökosystemdienstleistungen. Die Küstenregionen der Nord- und Ostsee sind durch den Klimawandel stark gefährdet. Insbesondere der beschleunigte Meeresspiegelanstieg und zunehmende Häufigkeiten von Sturmfluten stellen einen Gefahr für die bestehenden Küstenschutzmaßnahmen dar. Das Verbundprojekt COMTESS wird anhand von Szenarien die Auswirkungen von bewährten und innovativen Maßnahmen zum Küstenschutz auf Ökosystemdienstleistungen untersuchen.	Küsten- und Meeresschutz	**BMBF**	2011-2016	Ressortfinanzierung 3,3 Mio €	KUE

6 Netzwerke und Kooperationen							
1.	14	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße Weser (Binnen): Etablierung einer Weserkonferenz** Mit der Einberufung der Ederseekonferenz hat das Land Hessen (RP-Kassel) den Nutzungskonflikt zwischen den Ederseeanrainern und dem Bund und Weseranrainern in den Fokus gerückt. Die Ederseekonferenz hat bereits einige Male stattgefunden, hatte aber insbesondere die Niedrigwasserbewirtschaftung der Edertalsperre im Fokus. Die Interessen der Wesernutzer werden aber hier nur unzureichend berücksichtigt. Um einen Dialog unter den Weseranrainern (Schwerpunkt Binnen) zu starten, muss hier ein Forum geschaffen werden, der dem Gedankenaustausch aller Betroffener und aller Interessengruppen dient.	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Meeresschutz Tourismuswirtschaft Verkehr, Verkehrsinfra-struktur	**BMVI / GWDS, WSA Hann. Münden**	2016-Daueraufgabe	Ressortfinanzierung100.000 €	WW-06 WW-08 WW-09 VE-04 IG-04 TOU-02

7 Öffentlichkeitsarbeit, Kommunikation, Information (Aufklärung, Handreichungen)							
1.	15	**DAS-Handlungsfeld übergreifendende Datenbereitstellung und gewässerkundliche Beratung** Die BfG ist das wissenschaftliche Institut des Bundes für Forschung, Begutachtung und Beratung auf den Gebieten Hydrologie, Gewässernutzung, Gewässerbeschaffenheit sowie Ökologie und Gewässerschutz. Die BfG berät die Bundesministerien und deren nachgeordnete Dienststellen in Grundsatz- und Einzelfragen, so insbesondere die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV). In dieser Funktion stellt die BfG gemeinsam mit der WSV gewässerkundliche Messdaten zur Verfügung, einschließlich ökologischer, chemischer Parameter und radiologischer Untersuchungen. Die BfG betreibt Hochwasser-Vorhersagemodelle, und stellt den Ländern Informationen für den operativen Dienst zur Verfügung. Weiterhin liefert die BfG u.a. die Niedrigwasservorhersage für die Bundeswasserstraßen und ist Mitherausgeber des Hydrologischen Atlas. Für alle erforderlichen Vorhersage-Dienste existiert ein erprobtes Modellierungsinstrumentarium. Dieses wird bedarfsgerecht durch FuE entwickelt. Es reicht von der Tages-, über die saisonale Vorhersage (ca. 12 Monate) bis zur langfristigen Projektion (ca. 100 Jahre) von Klimafolgen für Wasserhaushaltgrößen und das System Wasserstraße insgesamt. Es kann für Fragen der Anpassung an den Klimawandel eingesetzt werden. Weitere DAS Handlungsfelder, die durch BfG Beratungsleistungen unterstützt werden, sind z.B. das Bauwesen, Verkehr, Raum- und Regionalentwicklung, Küstenschutz, und Tourismus.	handlungsfeld-übergreifend	BfG	Daueraufgabe	BfG Haushalt	WW VE-04 IG-04
1.	16	**Wasserstandsdienst Küste** Zur Sicherheit der Seeschifffahrt in Gebieten mit Gezeiten- und Windeinfluss ebenso wie zum Schutz vor Sturmfluten ist ein Warn- und Beratungsdienst notwendig. Die notwendigen Informationen stammen aus astronomischen Berechnungen, Wettervorhersagen und Pegeldaten. Die Wasserstandszeitreihen sind für eine Analyse des hydrodynamischen Geschehens an den Küsten, für die Bestimmung des Meeresspiegelanstiegs und für die Validierung von Wirkmodellen im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel wichtig.	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Meeresschutz, Küstenschutz, Verkehr, Verkehrsinfrastruktur, Bevölkerungsschutz inkl. Katastrophenhilfe und weitere	**BSH**, DWD, BfG, WSV, Länderbehörden	Daueraufgabe	BSH-Haushalt	KUE VE-04 IG-04

Kennung Nr. ff.		Titel und kurze Beschreibung des Instrumentes / der Maßnahme	Handlungsfelder	Federführung / beteiligte Partner	Zeitraum	Finanzumfang/ Finanzquelle	adressierte Klimawirkungen (Kürzel siehe Tabelle Klimawirkungen)
Cluster Infrastrukturen							
		1 Anpassung von Infrastrukturen					
2.	1	**Organisatorische Etablierung der Aufgabe "Anpassung an den Klimawandel" in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV)** Zur Verstetigung der Aufgabe "Anpassung an den Klimawandel" auf planerischer und operationeller Ebene der WSV werden die erforderlichen Tätigkeiten in der Organisation zugeordnet. Dafür sind die notwendigen organisatorischen Voraussetzungen zu schaffen sowie entsprechende verwaltungsspezifische Regularien zu entwickeln. Im Rahmen der WSV-Reform werden in der Aufbau- und Ablauforganisation die aus dem Klimawandel resultierenden Aufgaben berücksichtigt. Die Aufgaben werden auf Ebene der Mittelbehörde der Abteilung U "Umwelt, Technik, Wassertourismus" in der Unterabteilung "Umwelt, Wassertourismus" einem Dezernat zugeordnet. In der laufenden Fortschreibung des Aufgabengliederungsplanes (AGP; VV-WSV 1101) und der darauf folgenden Fortschreibung des Aufgabenverteilungsplanes sind die Aufgaben entsprechend eingebracht worden. Auf Ebene der Mittelbehörde wird die Koordinierung, Steuerung und Fachaufsicht der Aufgabenerledigung erfolgen. Durch Berücksichtigung der neuen Klimawandelbezogenen Aufgaben in den Regularien (z.B. VV-WSV'n, Erlassen, Verfügungen) für die operative Aufgabenerledigung auf der Amtsebene (WSÄ, NBÄ) wird sichergestellt werden, dass die Klimawirkungen bei Maßnahmenplanungen für Betrieb und Unterhaltung, Ersatz-, Neu- sowie Ausbau berücksichtigt werden.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, GDWS, Abtl. U "Umwelt, Technik, Wassertourismus"**	2014 Daueraufgabe	offen	VE WW KUE IG BAU
2.	2	**Bestimmung strategischer Ausweichstrecken:** Wichtige Bahnstrecken werden um die Jahrhundertmitte in Folge von großflächigen Überschwemmungsereignissen in Flussgebietseinheiten bzw. mglw. auch in Küstennähe über nicht tolerable Zeiträume hinweg nicht voll funktionsfähig sein. Aufbauend auf einer Gefährdungsanalyse sollte in Zusammenarbeit mit der Infrastrukturbetreiberin (DB Netz AG) bestimmt werden, welche Ausweichstrecken langfristig zur Abpufferung dieser Ereignisse erhalten bleiben müssen und damit strategische Bedeutung erhalten.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, EBA**		Ressortfinanzierung BMVI	VE-05 IG-03

2.	3	**Erfassung der Vulnerabilität von Schieneninfrastruktur:** In Zukunft ist Regional mit vermehrten Stark- Niederschlagsereignissen zu rechnen. Die möglichen Auswirkungen auf die Infrastruktur, z.B. in Form von Überschwemmungen oder Hangrutschungen erfordern verkehrsträgerübergreifende Vulnerabilitätsbschätzungen die zur Zeit erarbeitet werden.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Meeresschutz	**BMVI, EBA**		Ressortfinanzierung BMVI	VE-03 VE-05 IG-03
2.	4	**Evaluierung der Anpassung des technischen Regelwerks bei der Deutschen Bahn AG Infrastruktur:** Der Prozess der Übertragung klimasensitiver Parameter in das technische Regelwerk ist bei der DB Netz AG im Hinblick auf eine Umsetzung in regelmäßigen Abständen zu überprüfen.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVi / EBA,** Deutsches Institut für Normung, an der Normung interessierte Kreise	2015 fortlaufend	Ressortfinanzierung BMVI	VE-03 VE-05
2.	5	**Evaluierung von Aussagen zur Klimaverträglichkeit im Rahmen der UVP für Neu- und Ausbauvorhaben:** Überprüfung von Bauanträgen nach Aussagen zur Klimaverträglichkeit im Rahmen der UVP.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVi / EBA**	2015 fortlaufend	Ressortfinanzierung BMVI	VE-03 VE-05IG-03
2.	6	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße Nord-Ostsee-Kanal (NOK) Regionalisierte Langzeitsimulationen zur Ableitung von Grenzzuständen in der Wasserbewirtschaftung des Nord-Ostsee-Kanals einschl. Ableitung von Bemessungsgrößen für Bauwerke** Durchführungen von Untersuchungen zu den Auswirkungen verschiedener (Außen)-Wasserstände (in Nordsee bzw. Kieler Förde), des Zuflusses aus dem Einzugsgebiet und des Betriebs der Wasserstraße (Entwässerungsmöglichkeiten) Nord-Ostsee-Kanal im Hinblick auf die Entwicklung bis 2100. (1) Durchführung von Langzeitsimulationen zur Ableitung von Grenzzuständen in der Wasserbewirtschaftung des Nord-Ostsee-Kanals unter Berücksichtigung des Klimawandels und möglicher veränderter betrieblicher Erfordernisse der Wasserstraße. (2) Bereitstellung der bemessungsrelevanten Bemessungsgrößen für die Planung von Grundinstandsetzungen, Ersatz- und Neubauten der systemrelevante Objekte bzw. Anlagen zur Gewährleistung klimarobuster Infrastruktur. (3) Analyse der Ergebnisse der Simulationen zur Entwicklung von optimalen Handlungs- und Anpassungsoptionen (4) Bewertung von Entscheidungsgrundlagen (Modelle / Daten) (3) Analyse von gesamtsystemaren Effekten von Handlungsoptionen (Ökologie, Ökonomie) (5) Darstellung aller Effekte in entscheidungsrelevanten Größen (6) Bewertung von Handlungsoptionen (z. B. operative und investive Maßnahmen)	handlungsfeldübergreifend	**BMVI / GDWS,** BfG, BAW, BSH, DWD, z.Z. Bearbeitung durch BfG, WSÄ Brunsbüttel, Kiel-Holtenau	3. Q 2015 - 2. Q 2016	Ressortfinanzierung 250.000 €	VE-04 IG-04 WW-02

2.	7	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße Nord-Ostsee-Kanal (NOK): Kurzzeitsimulationsmodellsystem für den operationellen Vorhersagebetrieb für die Wasserbewirtschaftung des Nord-Ostsee-Kanals** Entwicklung des IT-Tools als Entscheidungshilfe in der operative Bewirtschaftung für den Entwässerungsbetrieb (Regulierung von Wasserstand i.V.m. Speicherkapazität) mit einer kritischen Vorwarnzeit von bis zu 48 Stunden. Hierdurch kann zukünftig erreicht werden, dass rechtzeitig bei der Entwicklung kritischer Wetterlagen (Sturmfluten in Nord- und Ostsee einhergehend mit Niederschlagsereignissen in dem Vorfluteinzugsgebiet : ca. 1500 km2) im Rahmen der täglichen bzw. kontinuierlichen Steuerung der Entwässerungseinrichtungen der Bundeswasserstraße kritische Grenzzustände des Wasserspiegels (Binnenhochwasser NOK) und infolge dessen u.a. Sperrungen der Schifffahrt oder auch der Querverkehre (Fähren /Fährstellen) reduziert bzw. vermieden werden können. (Längerfristig: Bei entsprechenden Vereinbarungen mit dem Land Schleswig-Holstein bzw. den Wasser- und Bodenverbänden könnten eventuell die Schöpfwerke ("Zulauf") ggfs. in die Steuerung einbezogen werden. Dadurch können die Bewirtschaftung des NOK, der Schöpfwerksbetrieb und die Entwässerung des Einzugsgebiets optimiert werden.) (Zusätzlich können auch noch aufgrund von regionalisierten Langzeitsimulationen (vgl. Datenblatt-Nr: 3100-1) mittel- bis langfristig weitere Anpassungsmaßnahmen erforderlich werden; mindestens können aus diesen Langzeitsimulationen "no regret-Maßnahmen" generiert werden, wie z.B. Ableitung von Flächenbedarfen (Flächenmanagement, Raumordnung, Bauleitplannung) und Bemessungsgrundlagen für Objektplanungen, die auch heute (2015 ff) schon entsprechend Verwendung finden werden.)	handlungsfeld-übergreifend	**BMVI / GDWS,** BfG, BAW, BSH, DWD, z.Z. Bearbeitung durch BfG, WSÄ Brunsbüttel, Kiel-Holtenau	2. Q 2016 - Daueraufgabe	Ressortfinanzierung 500.000 €	KUE-03 VE-04 IG-04 WW-02
2.	8	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße EiderRegionalisierte Langzeitsimulationen zur Ableitung von Grenzzuständen und Rahmendaten für den Regelbetrieb für die Wasserbewirtschaftung der Eider und des Betriebs des Eider-Sperrwerks einschl. Ableitung von Bemessungs- bzw. Betriebsgrößen für die weiteren Bauwerke im Zuge dieser Bundeswasserstraße** Durchführen von Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf das Eider- Sperrwerk, den Flussverlauf stromauf und die Außeneider (Schließungen, Funktion, Betrieb, Morphologie, Durchgängigkeit). Mittel- und langfristig ist die Unterhaltung (Objekte, Gewässersohle, Ufer) im Hinblick der zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auch im Zusammenhang mit den besonderen Randbedin-	handlungsfeld-übergreifend	**BMVI / GDWS,** BfG, BAW, BSH, DWD, z.Z. Bearbeitung durch BfG, WSA Tönning	2016-2018	Ressortfinanzierung 200.000 €	KUE-01 KUE-03 VE-04BAU-01 IG-04 WW-02

	gungen der norddeutschen Topographie zu betrachten und zu optimieren. Die Situation am Eider-Sperrwerk einschl. dem Problem der Mindertiefen durch Sedimenteintrag i.V.m. den sich verändernden Randbedingungen (z.B. Meeresspiegel, Tideverlauf, Niederschläge, Bodensetzung) sollen für den Entwässerungsbetrieb und als Bemessungsgrundlage für das Bauwerk analysiert werden durch:1) Erstellung einer Konzeptstudie.2) Aufbau eines HN Modellssystems der Bundeswasserstraße Eider. (Nr. 1 und 2. dienen auch als Basis für die Entwicklung des IT-Tools für Kurzzeitvorhersagen für den operationellen Betrieb; vgl. Datenblatt Nr.: 3100-4.)3) Langzeitsimulationen mit Szenarienstudien zur Abbildung von Grenzzuständen.4) Ermittlung eines umsetzbaren Lösungsansatzes für ein Bewirtschaftungsoptimum. 5) Vorschlag zur zukünftigen Gestaltung bzw. Betriebes eines Mündungsbauwerkes/ Eider-Sperrwerkes (Ertüchtigung / Neubau).(Zusätzlich können auch noch aufgrund der regionalisierten Langzeitsimulationen mittel- bis langfristig weitere Anpassungsmaßnahmen erforderlich werden; mindestens können aus diesen Langzeitsimulationen "no regret-Maßnahmen" generiert werden, wie z.B. Ableitung von Flächenbedarfen (Flächenmanagement, Raumordnung, Bauleitplannung) und Bemessungsgrundlagen für Objektplanungen, die auch heute (2017 ff) schon entsprechend Verwendung finden werden.) (Als no-regret-Maßnahme betrachtet werden kann auch die Entwicklung des IT-Tools (vgl. Datenblatt Nr: 3100-4) als Entscheidungshilfe in der operative Bewirtschaftung für den Entwässerungsbetrieb (Regulierung von Wasserstand i.V.m. Speicherkapazität) mit einer kritischen Vorwarnzeit von mehreren Tiden. Hierdurch kann zukünftig erreicht werden, dass rechtzeitig bei der Entwicklung kritischer Wetterlagen einhergehend mit Niederschlagsereignissen in dem Vorfluteinzugsgebiet (ca. 2100 km2) im Rahmen der täglichen bzw. kontinuierlichen Steuerung des Eider-Sperrwerkes der Bundeswasserstraße kritische Grenzzustände des Wasserspiegels (Binnenhochwasser) reduziert bzw. vermieden werden können. (Längerfristig: Bei entsprechenden Vereinbarungen mit dem Land Schleswig-Holstein bzw. den Wasser- und Bodenverbänden könnten evtl die Schöpfwerke ("Zulauf") ggfs. in die Steuerung einbezogen werden. Dadurch können die Bewirtschaftung der Eider, der Schöpfwerksbetrieb und die Entwässerung des Einzugsgebiets optimiert werden.)					

2.	9	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße EiderKurzzeitsimulationsmodellsystem für den operationellen Vorhersagebetrieb für die Wasserbewirtschaftung der Eider und des Betriebs des Eider-Sperrwerks einschl. Ableitung von Steuerungsgrößen für die weiteren Bauwerke im Zuge dieser Bundeswasserstraße** Die Situation am Eider-Sperrwerk unter Berücksichtigung der Mindertiefen durch Sedimenteintrag i.V.m. den sich verändernden Randbedingungen (z.B. Meeresspiegel, Tideverlauf , Bodensetzung, Niederschläge (Vorflut)) soll für den Entwässerungsbetrieb analysiert werden durch die Erstellung einer Konzeptstudie und den Aufbau eines HN-Modellsystems der Bundeswasserstraße Eider ; (vgl. Datenblatt 3100-3).Durch die Kurzzeitvorhersagen für den operationellen Betrieb wird erreicht, dass die konkurrierenden Interessen zwischen Entwässerung, Schifffahrtsbetrieb, Unterhaltung des Gewässers (Sedimentmanagement), landwirtschaftliche Nutzung und Ziele der Hege der Fischerei in Verbindung mit der aktuellen Aufgabe der Wiederherstellung bzw. Optimierung der Durchgängigkeit der Gewässer auf einer gesicherten Datenbasis ausgesteuert werden können.Die Entwicklung des IT-Tools soll eine kritische Vorwarnzeit von mehreren Tiden berücksichtigen. Hierdurch kann zukünftig erreicht werden, dass rechtzeitig bei der Entwicklung kritischer Wetterlagen einhergehend mit Niederschlagsereignissen in dem Vorfluteinzugsgebiet: ca. 2100 km2) im Rahmen der täglichen bzw. kontinuierlichen Steuerung des Eider-Sperrwerkes der Bundeswasserstraße kritische Grenzzustände des Wasserspiegels (Binnenhochwasser) reduziert bzw. vermieden werden können. (Längerfristig: Bei entsprechenden Vereinbarungen mit dem Land Schleswig-Holstein bzw. den Wasser- und Bodenverbänden könnten evtl die Schöpfwerke ("Zulauf") ggfs. in die Steuerung einbezogen werden. Dadurch können die Bewirtschaftung der Eider, der Schöpfwerksbetrieb und die Entwässerung des Einzugsgebiets optimiert werden.)Diese IT-gestützte optimierte Steuerung führt zu Systemstabilität im Hinblick auf Verlandungstendenzen einhergehend mit der Eingriffsminimierung bei der Unterhaltung (Sedimentmanagement, einschl. der Ufer und der Anlagen). Eine Reduzierung der Beeinträchtigung der Landwirtschaft kann erreicht werden durch die Steuerung der Höhe des Grundwasserspiegels.Bei der Unterhaltung sind die Ziele der WRRL zu berücksichtigen. Die WSV führt bei Stauanlagen an Bundeswasserstraßen, die von ihr errichtet oder betrieben werden, im Rahmen ihrer Aufgaben nach dem WaStrG die Maßnahmen zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit hoheitlich durch, die zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele der WRRL erforderlich sind.	handlungsfeldübergreifend	**BMVI / GDWS,** BfG, BAW, BSH, DWD, z.Z. Bearbeitung durch BfG, WSA Tönning	2017-Daueraufgabe	Ressortfinanzierung 100.000 €	VE-04BAU-01 IG-04 KUE-01 KUE-03WW-02

2.	10	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße Unter-TraveRegionalisierte Langzeitsimulationen zur Optimierung der zukünftigen Unterhaltungsstrategie im Mündungsbereich der Untertrave in die Ostsee** Durchführungen von Untersuchungen zu den Auswirkungen des klimawandel- induzierter Hochwasser und / oder Seegangsereignisse in Zukunft auf die verstärkt remobilisierter Sandablagerungen auf die Morphologie und Schifffahrt der Travemündung. Klärung der Fragestellung, ob infolge des dynamischen Verhaltens des Klimas im Mündungsbereich der Untertrave (konstruktive) Anpassungsmaßnahmen notwendig sind oder ob ein geändertes Unterhaltungsmanagement bereits ausreichend ist -> Lösungen für verschiedene mögliche zu erwartende Szenarien entwickeln. 1) Weiterentwicklung des bei der BAW-DH im Aufbau befindlichen baroklinen, numerischen Modells der Untertrave für die Untersuchung der Hydrodynamik in verschiedenen Detailbereichen und -aspekten 2) Anwendung der HN-Modell-Kette auf eine Bandbreite von Klima- Projektionen / -Szenarien und Durchführung entsprechender Sensitivitätsanalysen 3) Erfassung des Seegangs mittels entsprechender Modelle sowie Kopplung mit den Ergebnisse der HN-Modellierung4) Abschätzung der morphologischen Veränderungen mittels numerischer Modelle	Bauwesen, Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI / GDWS,** BfG, BAW, BSH, DWD, WSA Lübeck	3. Q 2015 - 2. Q 2016	Ressortfinanzierung 250.000 €	KUEVE

2.	11	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße Außen-Elbe Regionalisierte Langzeitsimulationen zur Überprüfung der Funktionalität und Integrität (insb. Entwicklung der Kolke) des Leitdamms Kugelbake in der Mündung der Elbe (km 730) in die Nordsee einschl. Ableitung von Bemessungs- bzw. Betriebsgrößen für die weiteren Bauwerke im Zuge dieser Bundeswasserstraße.** Durchführen von Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Leitdamm Kugelbake in Bezug auf die mittel- und langfristige Unterhaltung (Objekt, Gewässersohle) und im Hinblick Funktion der Bündelung der Fahrinne. – Prognosen für die Entwicklung von Morphologie, Strömung und Wellen würden eine Abschätzung, welche Handlungsoptionen zur Standsicherheit wie nachhaltig ausgeführt werden sollten, erleichtern. Zudem können eventuelle zukünftige Problembereich identifiziert werden und so frühzeitig Gegenmaßnahmen / Anpassungsmaßnahmen eingeleitet werden. – Faktoren, die die Entwicklung der Kolkes steuern, sind u.a. auch großräumige Effekte wie Kurvenverläufe und daraus abgeleitet Prallhangsituationen; Entwicklungen in Medemrinne, Klotzenloch, Kratzsand und Medemgrund. – Langzyklische Effekte der Region zu erkennen.	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Meeresschutz Küstenschutz Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI / GDWS,** BfG, BAW, BSH, DWD, WSA Cuxhaven	2015-2018	Ressortfinanzierung 250.000 €	KUE-01 VE

2.	12	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße Unter-WeserAbleitung und Analyse von Anpassungsoptionen für den Betrieb der Sturmflutsperrwerke und der Wasserbewirtschaftung in den Nebenflüssen der Bundeswasserstraße Unter-Weser** Durchführung von Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Funktion und den Betrieb der 4 Sperrwerke in der Tideweser (Dauer und Häufigkeit von Sperrwerksschließungen) und deren Auswirkungen auf die Schifffahrt, die Deichsicherheit, den Uferschutz, den Naturschutz (Durchgängigkeit, Gewässergüte etc.), die Landwirtschaft und den Tourismus in der Tideweser und oberhalb der Sperrwerke in den Nebenflüssen. Analyse mittel- und langfristiger Auswirkungen auf die Unterhaltung der Wasserstraße und den Betrieb und die Sicherheit der Bauwerke. Ziel der Untersuchungen ist die Entwicklung optimierter Anpassungsstrategien auf der Basis von Sensitivitätsstudien und numerischer Modellsimulationen unter Berücksichtigung der Aspekte des Hochwasserschutzes und der Wasserbewirtschaftung in den Nebenflusssystemen. Die Untersuchungen beinhalten: 1) Erstellung einer Konzeptstudie2) Weiterentwicklung der im Rahmen der KLIWAS - Projekte 2.04 und 3.02 entwickelten HN Modellssystems der Bundeswasserstraße Weser. 3) Systemstudien und Simulationen zur Ableitung einer "intelligenten Sperrwerkssteuerung" und einer optimierten Wasserbewirtschaftung unter Berücksichtigung klimabedingter Änderungsszenarien4) Untersuchung und Diskussion langfristiger Auswirkungen auf die Wasserstraße Tideweser einschl. der Nebenflüsse und die Entwicklung des Naturraums für die Variante, dass die Sperrwerke nicht mehr als kombinierte Sperrwerke im Hochwasser- und Sturmflutfall geschlossen werden, sondern Zielfunktion übernehmen und im Normalzustand geschlossen sind.	handlungsfeldübergreifend	**BMVI / GDWS,** BfG, BAW,BSH, DWD, WSA Bremen	2015-2017	Ressortfinanzierung 200.000 €	KUE-01 KUE-03 VE-04BAU-01 IG-04 WW-09

2.	13	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße Elbe-Seiten-Kanal. Management der Wasserressourcen im Hinblick auf die Wasserbewirtschaftung der Bundeswasserstraße Elbe-Seiten-Kanal (ESK) unter Berücksichtigung der Feldberegnung landwirtschaftlicher Flächen** **Entwicklung eines Instrumentes als Basis für die Wasserbewirtschaftung des ESK zur Ableitung von Entscheidungen bzgl. Wasserentnahmen zur Feldberegnung, unter Berücksichtigung des Grundwasserzufluss und des Pumpwerksbetrieb** Durchführung von Untersuchungen zu den Auswirkungen von Grundwasserzuflüssen, des Zuflusses aus dem Einzugsgebiet und des Betriebs der Wasserstraße (Kanalscheitelhaltung) in der nahen und fernen Zukunft. Die Situation am ESK hinsichtlich der Wasserentnahmen zur Feldberegnung vor dem Hintergrund geltenden EU-Rechts zu Grundwasserentnahmen und sich klimatisch bedingt ändernden Grundwasserzuflüssen zum Kanal soll analysiert werden durch: (1) Aufbau eines Grundwasserströmungsmodells, Festlegen neuer Zuflusskenngrößen für die nahe und ferne Zukunft (2) Bewerten der Entscheidungsgrundlagen und Analyse von Auswirkungen verschiedener Handlungsoptionen (3) Vorschlag für eine optimierte Wasserbewirtschaftung des Kanals	handlungsfeld-übergreifend	**BMVI / GDWS,** BfG, BAW, WSA Uelzen	2017-2020	Ressortfinanzierung 300.000 €	WW-05 WW-06 EW-04 VE-04 IG-04 LW-01
2.	14	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße Weser. Projektion der KLIWAS Modelle und die Wirkung auf den Wasserhaushalt der Bundeswasserstraße Weser (Binnen)**Mit der Übertragung der Berechnungsmodelle aus dem KLIWAS Programm auf die Weser soll untersucht werden, welcher Einfluss durch die Klimaänderung in naher und ferner Zukunft auf das Einzugsgebiet zu erwarten ist.Eine formale Übertragung der Ergebnisse aus den benachbarten Einzugsgebieten ist nicht möglich. Die Vergangenheit zeigt, dass sich das Niederschlags- und Abflussverhalten des Einzugsgebietes der Weser deutlich von dem der Elbe und des Rheins unterscheidet. Die Hochwasserereignisse und Trockenperioden treten nicht oder nur bedingt synchron zu den benachbarten Einzugsgebieten ein.Ziel der Untersuchung ist u.a. die Analyse ob es einen orographisch bedingten Zusammenhang gibt, ob dieser systematisch durch Großwetterlagen beeinflusst ist, oder ob es sich um eine rein zufällige Häufung handelt. Diese Maßnahme bildet die Grundlage für alle anderen Maßnahmen und Instrumente im Einzugsgebiet der Weser.	Handlungsfeld-übergreifend	**BMVI / GDWS,** BfG, WSA Hann. Münden	1 Quartal 2015 - P. Abschluss	Ressortfinanzierung 250.000 €	WW-01 WW-02 WW-05 WW-06 WW-08 VE-04 IG-04

2.	15	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße Oberweser - Auswirkungen der Klimaänderung auf die Bewirtschaftung der Eder- und Diemeltalsperre** Die multifunktionalen Talsperren Eder- und Diemeltalsperre stehen heute schon mit ihren Zielkonflikten bei der Bewirtschaftung im Fokus des öffentlichen Interesses. Durch die zu erwartenden Klimaänderungen werden sich die Zielkonflikte bei der Bewirtschaftung insbesondere in Hochwasser- und Niedrigwasserperioden weiter verschärfen. Die Situation ist zu analysieren und Methoden zu entwickeln um die sich absehbar verschärfenden Zielkonflikte der Bewirtschaftung im Vorfeld zu erkennen und Lösungsansätze (technische, wirtschaftlich, gesellschaftlich) zu entwickeln. (1) Bewerten der Klimaänderungen (s. Datenblatt 3300-2) hinsichtlich der Auswirkungen auf die Talsperren (2) Bewerten der Entscheidungsgrundlagen und Analyse von Auswirkungen verschiedener Handlungsoptionen (3) Vorschlag für eine optimierte Bewirtschaftung der Talsperren	handlungsfeld-übergreifend	**BMVI / GDWS,** BfG, WSA Hann. Münden	1. Quartal 2015 - P. Abschluss	Ressortfinanzierung 300.000 €	WW-08 TOU-02 VE-04 IG-04
2.	16	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße Oberweser - Optimierung der Unterhaltungsmaßnahmen der Bundeswasserstraße Oberweser** Die mit Buhnen ausgebaute Oberweser bildet zusammen mit der Eder- und Diemeltalsperre ein System das sowohl aus einer statischen Niedrigwasseraufhöhung (Buhnen) als dynamischen Niedrigwasseraufhöhung (Zuschuss aus den Talsperren) als eine Einheit besteht. Konzeptionell wurde dieses System Anfang des letzten Jahrhunderts entwickelt und seitdem nicht wesentlich verändert oder überprüft.Im Hinblick auf die Folgen der Klimaänderung kann sich, insbesondere im Niedrigwasserfall, das fragile Gleichgewicht ändern. Die Situation ist zu untersuchen und eine neue Beziehung zwischen Buhnenbau, Talsperrenwasserzuschuss und System Schiff-Wasserstraße aufzustellen. Ziel ist es, die Regelungen und Berechnungsgrundlagen der Unterhaltungsmaßnahmen an die neuen Erfordernisse anzupassen und ggf. wirtschaftlicher zu gestalten (Neubestimmung des EMKlW's = erhöhte mittlere Kleinwasserstand - Bemessungswert für die Oberweser).	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Meeresschutz Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI / GDWS,** WSA Hann. Münden	1. Quartal 2015 - P. Abschluss	Ressortfinanzierung 300.000 €	WW-08 VE-04IG-04

2.	17	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße Rhein** **Verbesserung der Wasserstandsvorhersage insbesondere für freifließende Flüsse (Rhein) sowohl quantitativ als auch qualitativ.** Die Wasserstandsvorhersage insbesondere an abladerelevanten Pegeln ist für die wirtschaftliche Bereederung der Schiffe von besonderer Wichtigkeit, da sie den möglichen Tiefgang und damit die Ladungsmenge beschränken. Das gilt sowohl für die Genauigkeit einer Prognose als auch für den Vorlaufzeitraum einer Prognose. Klimabedingte Veränderungen bei Hoch- und insbesondere Niedrigwasserereignissen und der Wasserspiegelverlauf unterhalb Mittelwasser sind relevant für einen wirtschaftlichen Schiffsverkehr. Zielsetzung ist, die Wirtschaftlichkeit durch genauere Vorhersagen zu erhöhen. Das Thema steht bereits grundsätzlich auf der Agenda und wird bereits bearbeitet. Es gewinnt durch klimabedingte Einflüsse an Bedeutung und bedarf intensiverer Bearbeitung.	handlungsfeld-übergreifend	**BMVI / GDWS,** BfG, BAW, BSH, DWD, WSÄ Rhein	Daueraufgabe	Ressortfinanzierung 100.000 €	VE-04 IG-04
2.	18	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße Donau** **Regionalisierte Langzeitsimulation; Einfluss des Klimawandels - auf die Niedrigwasserabflussmengen der Donau unter Berücksichtigung der Wasserüberleitung in das Regnitz-Main-Gebiet durch das Land Bayern.** Die zukünftige Entwicklung der Niedrigwasserverhältnisse infolge der Auswirkungen des Klimawandels ist von großem wasser- und energiewirtschaftlichem Interesse an der Donau mit den großen Flußkraftwerken an den Staustufen, wie Straubing und Geisling. Mit Hilfe regionaler Klimamodelle ist zunächst die Entwicklungen der meteorologischen und hydrometeorologischen Parameter infolge des Klimawandels zu simulieren. Anschließend mit Wasserhaushaltsmodellen die Entwicklung der Abflussverhältnisse auf der Grundlage der zukünftigen meteorologischen und hydrometeorologischen Einflussgrößen flächendeckend für die Donau zu ermittelt. Die so generierten Abflusszeitreihen können auf die Veränderung von Niedrigwasser-Kennwerten und Niedrigwasserdauern statistisch ausgewertet werden. Die Veränderungen haben insbesondere über die Kraftwerke mit den erneuerbaren Energien eine aktuelle bedeutende volkswirtschaftliche Auswirkung. Es werden mit dem Projekt dirgend benötigte Angaben über die notwendige Anpassung der Infrastruktur und des Betriebes der Anlagen der WSV , insbesondere der Wasserüberleitung von Donau zum Rheineinzugsgebiet bestimmt.	handlungsfeld-übergreifend	**BMVI / GDWS,** BfG, BAW, BSH, DWD	2015-2017; anschl. Daueraufgabe	Ressortfinanzierung 250.000 €	WW-05 WW-06 VE-04 EW-03 IG-04

2.	19	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße Main-MDK Regionalisierte Langzeitsimulation; Einfluss des Klimawandels - auf die Betriebswasserversorgung des Main-Donau-Kanals unter Berücksichtigung der Abflussmengen in der Donau; Vorgaben, ob und wie die Anpassung der Infrastruktur für die Betriebswassversorgung erfolgen kann und sollte.** Mit der Donau-Main-Überleitung leiten die WSV und die Wasserwirtschaftsbehörden des Landes Bayern Wasser aus dem Flusssystem der Donau in das in Franken gelegene, von zeitweiliger Trockenheit bedrohte System der Regnitz und des Mains. Seit 1994 wird über Pumpen an den fünf Schleusen der Südrampe des Kanals Wasser aus der Donau in die Scheitelhaltung des Kanals gepumpt, von wo aus es über eine weitere Staustufe in den Rothsee zur Speicherung und Abgabe im Bedarfsfall fließt. Zur Überleitung gehören zwei mit erheblichem wasserbaulichen Aufwand erstellte unabhängige Systeme. An der oberen Altmühl wird Hochwasser in den Altmühlsee abgeleitet, von dort durch eine Stollenstrecke in den bereits auf der anderen Seite der Wasserscheide tiefer liegenden Kleinen Brombachsee. Langfristig wird mit einer mittleren jährlichen Überleitung durch das Gesamtsystem von 150 Mio.m³ Wasser ohne Klimaeinfluss kalkuliert. Wird die Wasserverfügbarkeit im Flusssystem Main durch Klimaänderungen verringert, ist u.a. festzustellen, ob die vorhandenen Infrastrukturen für die Speicherung dann noch ausreichen. Zur Methodik: Die Änderung der Wasserbilanz wäre über eine Langzeitklimaszenario der beiden Flüsse oder ggf. nur des Mains zu ermitteln. Da die Fließzeiten des Mains mehrere Tage betragen, wäre zusätzlich ein Konzept für ein Online-Prognosemodel für den operativen Gebrauch zu erwägen. Dieses wird kostenmäßig nur als Konzept erfasst. Es werden Angaben über die notwendige Anpassung der Infrastruktur und des Betriebes der Betriebswasserversorgung des Main Donau Kanals unter Berücksichtigung der Abflussmengen in der Donau benötigt. Hierzu wird zur Validierung der Methode das Konzept zusammen mit den entsprechenden Fachleuten in KLIWAS und der Wasserwirtschaft erarbeitet und mit dem Bedarfsträger abgestimmt werden.	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Meeresschutz Tourismuswirtschaft Verkehr, Verkehrsinfra-struktur	**BMVI / GDWS,** BfG, BAW, BSH, DWD	2015-2017; anschl. Daueraufgabe	Ressortfinanzierung 350.000 €	WW-06 VE-04 IG-04

2.	20	**Sicherung klimarobuster Verkehrsinfrastruktur (Climate proofing)-Bundeswasserstraße Oder - Erstellung von Klima- und Abflussprojektionen für das Odereinzugsgebiet** Das Erstellen von Klima- und Abflussprojektionen analog zur Vorgehensweise im KLIWAS-Projekt für das Elbeeinzugsgebiet steht für das Einzugsgebiet der Oder noch aus. Um Aussagen über die Entwicklung des Klimas im Odergebiet treffen zu können, werden Klimaanalysen auf einer regionalen Skala benötigt. Die Interpretation und Anwendung der Ergebnisse der Klimaprojektionen für Planungen von Anpassungsmaßnahmen sollten sich aufgrund Modellunsicherheiten nicht auf einzelne Modellläufe abstützen. Daher sind möglichst viele Projektionen zu sammeln und kollektiv auszuwerten (Ensembleansatz). Die aufbereiteten Klimaprojektionen sowie deren statistischen Auswertungen hydrometeorologischer Kennwerte sollen als Grundlage für Auswertungen zu möglicher Änderungen des Wasserhaushalts dienen. Ausgehend von den regionalen Klimaprojektionen und hydrologischen Modellen ist das spezifische Abflussgeschehen an wichtigen Pegeln der Oder zu simulieren. Hierfür sind Abflussprojektionen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zu erstellen (sog. Multi-Modell-Ensemble), die den Kenntnisstand der Klimamodellierung im Jahr 2014 wiedergibt und als Grundlage für die Ableitung von Abflussszenarien dient. Die Abflussszenarien sind in Form so genannter Szenarienkorridore für ausgewählte Kennwerte (mittlerer, niedriger und hoher Abfluss) und Pegel darzustellen.	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Meeresschutz Verkehr, Verkehrsinfrastruktur Bevölkerungsschutz inkl. Katastrophenhilfe	**BMVI / GDWS, BfG, BAW, BSH, DWD**	3. Q 2015 - 4. Q 2016	Ressortfinanzierung 250.000 €	WW-02 WW-06 VE-04 IG-04
2.	21	**AdSVIS - Adaptation der Straßenverkehrsinfrastruktur an den Klimawandel:** Derzeit 16 Projekte zu den Themen: Entwicklung von Methoden zur Vulnerabilitäts- und Risikoanalyse sowie Ermittlung von gefährdeten Abschnitten im Bundesfernstraßennetz, Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen, Anpassung aller Regelwerke bezüglich projizierte Klimabedingungen, Erstellen einer Gefahrenhinweiskarte für Hang- und Böschungsrutschungen.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt**	2009 Daueraufgabe	Ressortfinanzierung BMVI	VE-03 VE-05

2.	22	**RIVA "Risikoanalyse wichtiger Verkehrsachsen des Bundesfernstraßennetzes im Kontext des Klimawandels":** Zentrales AdSVIS Projekt. Ziel des Projektes ist eine Methodik für die Identifikation, Analyse und Bewertung der Risiken des Klimawandels zu entwickeln und an ausgewählten Streckenabschnitten im deutschen Teil des TEN-T (Transeuropäisches Netz – Transport) zu validieren. **geplantes Projekt RIVA II:** Die entwickelte Methodik zur Risikoanalyse für Straßen wird um einige Klimawirkungen erweitert und zur leichteren Auswertung auf ein GIS gesetzt. Danach ist sie mit wenig Aufwand auch auf andere Verkehrsträger umsetzbar.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt**	2011-2015 (RIVA) 2016-2020 (RIVA II)	Ressort-finanzierung BMVI 300.000 €	VE-03 VE-05
2.	23	**Bereitstellung und Anwendung eines Tools zur Bewertung der Straßenverkehrsinfrastruktur im Hinblick auf die klimabedingten Risiken (RIVA II):** Das RIVA-Pilotwerkzeug muss weiterentwickelt werden und um weitere Risikoursachen wie Überschwemmungen, Hangrutschungen und Aquaplaning ergänzt werden. Die Daten zur Bewertung von Vulnerabilitätsindikatoren, Daten zur Bewertung von Wirkungspotenzialen einschließlich Kritikalitätsbewertungen und Informationen zur Höhenlage der Infrastruktur zur Berücksichtigung in den Klimaprojektionen müssen ebenfalls noch erarbeitet bzw. aufbereitet werden und in das Werkzeug eingespeist werden. Außerdem muss die derzeit nur auf die Regionen bezogene Betrachtung der Klimaprojektionsdaten durch netzweite Projektionsdaten ersetzt werden. Die Angaben zu Entwässerungsanlagen sind zu vervollständigen und die Indikatorensets zur Vulnerabilitätsbeurteilung müssen validiert werden. Letztendlich muss das RIVA-Pilotwerkzeug zu einer Anwenderlösung entwickelt werden und die Forschungsergebnisse mit den zuständigen Vertretern der Bundesländer diskutiert werden. In einem weiteren Teil des Projektes soll eine Applikation entwickelt werden, welche die Daten der Straßenverkehrsinfrastruktur mit denen der verschiedenen Klimaprojektionen kombiniert. In dieser neuen Applikation „AdSVIS-Server“ sollen die Daten der aktuellen Klimaprojektion und das digitale Geländemodell DGM10 vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie integriert werden.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt**	2016-2019	Ressortfinanzierung 330.000 €	VE-03 VE-05

2.	24	**Risikoanalyse überschwemmungsgefährdeter Gebiete an Bundesfernstraßen (Blue Spot):** Das RIVA-Pilotwerkzeug soll in diesem separaten Projekt um die Risikoursachen Überschwemmungen weiterentwickelt und ergänzt werden. Hierzu sind bereits Daten von den Ländern im Rahmen der EU Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie erhoben worden. Diese Daten müssen beschaffen werden um ihre Verwendbarkeit für eine bundesweite Analyse festzustellen. Hierzu können Untersuchungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde, die im Rahmen von KLIWAS entstanden sind, hinzugezogen werden. Daraus sollen dann die Risikokarten bezgl. zukünftiger fluvialer Überschwemmungen bundesweit erstellt werden und zwar in einem Format, das in das im Rahmen von RIVA II entwickelte Werkzeug importierbar ist.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt**	2016-2019	Ressortfinanzierung 180.000 €	VE-05
2.	25	**Bestandsaufnahme von Entwässerungseinrichtungen an ausgewählten Streckenabschnitten des deutschen TEN-T Netzes:** Im Rahmen dieses Projektes werden Informationen zur Entwässerung (offen/geschlossen), Behandlungs- und Rückhaltesysteme sowie Pumpanlagen zusammengetragen und so aufbereitet, dass sie in den AdSVIS-Server implementiert werden können und somit auch als Datengrundlage für andere Projekte dienen, wie beispielsweise für das RIVA-Projekt. Für die Durchführung der Risikoanalyse ist es erforderlich, dass die Informationen über die Entwässerungssysteme entlang der ausgewählten Streckenabschnitte des TEN-T berücksichtigt werden.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt**	2016-2017	Ressortfinanzierung 80.000 €	VE-05
2.	26	**Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf den Straßenbetriebsdienst (KliBet):** Im Projekt wurden die möglichen klimatischen Einflüsse auf die einzelnen Betriebsdienstleistungen gemäß dem Leistungsheft des Straßenbetriebsdienstes herausgearbeitet. Mithilfe regionaler Klimaprojektionen auf Basis des statistischen Klimamodells STARS konnten differenzierte Klimaprognosen für die 12 näher betrachteten Meistereien erstellt werden. Durch die Überlagerung der Korrelation zwischen Witterungseinfluss und Arbeitsaufwand mit den differenzierten Klimaprognosen konnten anschließend die Auswirkungen der Klimaveränderungen auf den Aufwand des Straßenbetriebsdienstes prognostiziert werden.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt**	2012-2014	Ressortfinanzierung BMVI 100.000 €	VE-03 VE-05

2.	27	**Weiterentwicklung eines Modells zur Abschätzung rutschungsgefährdeter Gebiete entlang des Bundesfernstraßennetzes und Erstellung einer bundesweiten Gefahrenhinweiskarte:** In diesem Forschungsvorhaben soll dieser Modellansatz unter Berücksichtigung weiterer rutschungsrelevanter Parameter sowie einer zeitlichen Abschätzung des Gefährdungspotenzials zu einem bundesweiten Modell entlang des gesamten Bundesfernstraßennetzes anhand eines Bewertungsschemas weiterentwickelt und eine bundesweite Gefahrenhinweiskarte generiert werden. Diese soll eine zeitabhängige Übersicht über zukünftige potenzielle Gefährdungsgebiete durch Rutschungen geben und den Blick auf jene Schlüsselstellen lenken, an denen eine genauere Beurteilung oder weitere Maßnahmen notwendig sind.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt**	2012-2015	Ressortfinanzierung BMVI 200.000 €	VE-05
2.	28	**Studie zur Überprüfung standardisierter Asphaltbefestigungen unter geänderten Temperatur-Randbedingungen:** Die zurzeit verwendeten Asphaltarten und -sorten in ihren jeweiligen Schichtdicken sind das Ergebnis Jahrzehnte lang gesammelter Erfahrungen mit diesem Werkstoff. Bei sorgfältiger Bauausführung können sie für das heutige Temperaturspektrum die angestrebte Lebensdauer einer Straße sicherstellen. Nicht bekannt ist aber, bei wie die bisherigen Nutzungszeiträume von Straßen erreicht werden können, wenn sich im Zuge des Klimawandels die Temperaturspanne erhöht. Deshalb wurde mittels der "Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Asphaltdeckschicht" (RDO Asphalt) untersucht, bis zu welchem Anstieg der Jahresmitteltemperatur und der Verkehrseinwirkungen ein Einsatz der Standard-Asphaltbauweisen und -Dimensionierung möglich ist zum Erreichen üblicher Nutzungszeiträume.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt**	2012-2015	Ressortfinanzierung BMVI 80.000 €	VE-03
2.	29	**Abgleich meteorologischer Messgrößen an Bundesfernstraßen mit Rasterdaten von Klimaprojektionen:** Der erwartete Klimawandel wird in den nächsten Dekaden in den unterschiedlichsten Lebensbereichen immer deutlicher zutage treten. In ungünstigen Fällen können damit auch Belastungsgrenzen im Straßenbau oder bei Ingenieurkonstruktionen erreicht oder überschritten werden. Um dazu nähere Erkenntnisse zu erlangen, befasst sich das Forschungsprojekt mit der Entwicklung von Algorithmen, um Werte aus regionalen Klimamodellen (Projektionen für den Klimawandel) auf die Verhältnisse am Straßenkörper bzw. an Verkehrsinfrastrukturen projizieren zu können. Dabei beschränkt sich das Projekt auf thermische Parameter (Temperaturänderungen) und den Niederschlag.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt**	2011-2015	Ressortfinanzierung BMVI 270.000 €	VE-03 VE-05

2.	30	**Asphaltoberbau und extreme Temperaturen:** Mit Einführung der Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung von Asphaltbefestigungen (RDO Asphalt) ist erstmalig eine Verfahrensweise in das Regelwerk aufgenommen worden, mit der die Schichtdicken von Asphaltbefestigungen entsprechend individueller Belastungssituationen (Temperatur und Verkehrslasten) und unter der Zugrundlegung von mechanischen Materialeigenschaften festgelegt wurden. Im Zuge des Dimensionierungsprozesses erfolgt eine Optimierung der Konstruktion durch Schichtdickenanpassung und/oder eine Steuerung der Materialeigenschaften. Letztere Variante vernachlässigt zurzeit die thermophysikalischen Materialeigenschaften des Asphaltes. Das sich aus einer Anpassung des Dimensionierungsprozesses möglicherweise ergebende Optimierungspotenzial soll identifiziert und näher untersucht werden. In einer gezielten Optimierung der Mischgutzusammensetzung/Mischrezeptur mit dem Ziel einer systematischen Veränderung der thermophysikalischen Materialeigenschaften und somit der in der Konstruktion auftretenden thermischen Zustände wird eine nachhaltige Möglichkeit zur Anpassung der Asphaltstraßenkonstruktionen an den projizierten Klimawandel gesehen.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt**	2016-2019	Ressortfinanzierung 700.000 €	VE-03
2.	31	**Analyse der Auswirkungen von Witterungsextremen an bestehenden Straßenbefestigungen in Betonbauweise:** Ziel des Projektes ist es, die möglichen Auswirkungen verschiedener Klimaszenarien an Betonfahrbahndecken im Bundesfernstraßennetz zu untersuchen und zu ermitteln, ob die üblicherweise angesetzten Nutzungszeiträume erreicht werden. Mit der Untersuchung sollen kritische Bauweisen oder gefährdete Bereiche im Streckennetz identifiziert und entsprechende Maßnahmen zur Verringerung der Verwundbarkeit am Bauwerk durchgeführt werden. Die Untersuchungen sind notwendig, da ein plötzliches Versagen der Straßenkonstruktion zu einer starken Gefährdung der Verkehrssicherheit führen kann.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt**	2016-2019	Ressortfinanzierung. 400.000 €	VE-03

2.	32	**Verwundbarkeitsanalyse der Brücken- und Tunnelbauwerke im Bundesfernstraßennetz für extreme Wetterereignisse infolge des Klimawandels:** Im diesem Projekt wird eine Verwundbarkeitsanalyse für Brücken- und Tunnelbauwerke erstellt werden, in welche die verschiedenen Bauweisen und -konstruktionen sowie die jeweils typischen Ausstattungselemente einbezogen werden. Ebenfalls sollen betriebsbedingte Situationen z.B. an Tunnelbauwerken in Betracht gezogen werden, die aufgrund von extremen Wetterereignissen zu kritischen Betriebszuständen führen können. Die Untersuchung soll ermöglichen kritische Bauwerke zu identifizieren, so dass entsprechende Maßnahmen zur Verringerung der Verwundbarkeit am Bauwerk durchgeführt werden können. Hierdurch können Kosten für Instandsetzung oder Neubau eines geschädigten oder zerstörten Bauwerks gemindert werden.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt**		Ressortfinanzierung 150.000 €	VE
2.	33	**Maßnahmenanalyse zur Verringerung der Verwundbarkeit von Brücken- und Tunnelbauwerken im Hinblick auf die Folgen des Klimawandels:** Für die im Projekt „Verwundbarkeitsanalyse der Brücken- und Tunnelbauwerke“ identifizierten Bauwerke soll ein Maßnahmenkatalog zur Verringerung der Verwundbarkeit von Brücken- und Tunnelbauwerken erstellt werden. Die Analyse soll sowohl Maßnahmen für Bauwerke im Bestand, als auch für künftige Bauwerke berücksichtigen (bauliche und organisatorische Maßnahmen) und der Maßnahmenkatalog den Straßenbauverwaltungen der Länder als Entscheidungshilfe für Neubau-, Instandsetzungs- oder Anpassungsmaßnahmen dienen.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt**		Ressortfinanzierung 100.000 €	VE

2 Anpassung von Rechtsinstrumenten, technischen Regeln und Normen							
2.	34	**Weiterentwicklung klimatischer Einwirkungsmodelle und Bemessungsgrößen für Brücken- und Tunnelbauwerke auf Basis klimatischer Prognoseberechnungen:** Im Pilotprojekt „Auswirkungen des Klimawandels auf bestehende Spannbetonbrückenbauwerke" wurde festgestellt, dass sich insbesondere für Rahmenbrücken aus Spannbeton, die vor 1981 gebaut wurden, Anpassungsbedarf ergibt. Das Projekt „Weiterentwicklung klimatischer Einwirkungsmodelle und Bemessungsgrößen für Brücken- und Tunnelbauwerke auf Basis klimatischer Prognoseberechnungen" hat die Ermittlung von standortbezogenen und bemessungsrelevanten Klimaparametern zum Ziel, um somit eine möglichst reale Abbildung der Klimabelastung für Bauwerke in besonders stark vom Klimawandel betroffenen Regionen zu ermöglichen. (Anpassung der Normung und Regelwerke für Straßeninfrastruktur aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels. Klimaprognosen zeigen, dass die Wahrscheinlichkeit der Überschreitung von Beanspruchungsgrenzen zunehmen wird. Insbesondere bei älteren Bauwerken, die schon von erheblichen Beanspruchungen aus der Verkehrslast betroffen sind, können die zusätzlichen Einwirkungen aus extremen Wetterereignissen zu einer Beeinträchtigung von Standsicherheit und Verkehrssicherheit führen. Die Folgen des Klimawandels können sowohl einzelne Bauwerkselemente wie auch das Gesamtbauwerk betreffen.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt**	2012-2015	Ressortfinanzierung BMVI 130.000 €	VE
2.	35	**Prüfauftrag zur Überarbeitung von Klimadatennormen:** Viele Gestaltungsnormen verweisen auf allgemeine Klimadatennormen. Unklar ist bisher, welche Klimadatennormen in welchem Umfang überarbeitet werden sollten, damit die sich wandelnden Klimabedingungen bei der Auslegung von Bauwerken, Anlagen etc. angemessen und vorausschauend berücksichtigt werden können. Klimadatennormen sind zentrale Stellschrauben zur Anpassung an sich wandelnde Klimabedingungen wie z.B. Schnee- und Eislasten. Beispielsweise wird die Klimadatennorm DIN IEC 60721-2-1 zu Lufttemperatur- und Luftfeuchte in mindestens 15 Gestaltungsnormen zitiert.	Bauwesen	**BMVI,** DWD, Deutsches Institut für Normung, an der Normung interessierte Kreise	2011-	kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf	BAU

2.	36	**Prüfung der Potenziale des Instrumentes: Anpassung des Bauordnungsrechts an Klimarisiken** Schwerpunkte des Bauordnungsrechts sind die Anforderungen an das Grundstück und seine Bebauung, an einzelne Räume, Wohnungen und besondere Anlagen sowie grundsätzliche Anforderungen an die Ausführung baulicher Anlagen und der wichtigsten Gebäudeteile (zum Beispiel Standsicherheit, Verkehrssicherheit, Brandschutz). Durch das Bauordnungsrecht könnten z.B. die Bepflanzung und Begrünung baulicher Anlagen festgesetzt werden. Über Anforderungen an Gebäude in hitzebelasteten Stadtgebieten könnte der Anteil an Dach- und Fassadenbegrünungen erhöht werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei unsachgemäßer technischer Ausführung von Fassadenbegrünungen ein hohes Schadensrisiko besteht. Anpassung an häufigere und stärkere Extremniederschlagsereignisse kann in den Bauordnungen über die Festsetzung von Maßnahmen zur Versickerung, Sammlung oder Verwendung von Niederschlagswasser auf dem Baugrundstück erfolgen. Das Bauordnungsrecht liegt in der Zuständigkeit der Länder. Der Bund prüft die Möglichkeiten, inwieweit Vorschläge zur Anpassung des Bauordnungsrechts konkretisiert werden können.	Bauwesen	**BMUB, Länder**	2016-2018	kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf	BAU
2.	37	**Prüfung der Potenziale des Instrumentes: Festschreibung erhöhter Energieeffizienzstandards in der Energieeinsparverordnung (EnEV)**Für eine Siedlungsentwicklung und städtebauliche Erneuerung, die Klimaschutz- und Klimaanpassungsziele in effizienter Weise verbindet, ist eine verstärkte Entwicklung und die Umsetzung energieoptimierter Konzepte notwendig. Aus Sicht der Klimaanpassung bestehen die größten Herausforderungen in einer energieeffizienten Kühlung der Gebäude. Vorschlag: Einführung des Niedrigstenergiegebäudestandards gem. EU-Gebäuderichtlinie (EnEV-Novelle in 2016). Derzeit werden die technisch und wirtschaftlich machbaren Mindestanforderungen gutachterlich ermittelt(BMWi, BMUB).	Bauwesen	**BMWi/BMUB**		kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf	BAU-05

2.	38	**Beurteilung der Bemessung von Straßenentwässerungseinrichtungen nach RAS-Ew und RiStWag vor dem Hintergrund veränderter Temperatur- und Niederschlagsereignisse durch den Klimawandel in Deutschland bis zum Jahr 2100:** Klimamodelle projizieren für Deutschland eine deutliche Änderung des regionalen Klimas mit erhöhten Temperaturen und veränderten Niederschlagscharakteristiken, die auf eine Zunahme von Starkregenereignissen hindeuten. Straßenentwässerungseinrichtungen stehen daher vor einer doppelten Herausforderung: Zum einen steigt mit einer Zunahme von Starkregen das Risiko einer hydraulischen Überlastung der Entwässerungseinrichtungen, zum anderen führen lange Trockenperioden gegebenenfalls zu betrieblichen Problemen, z. B. wenn bei bewachsenen Bodenfiltern der Bewuchs durch Trockenstress geschädigt wird. Ziel des Forschungsprojekts war es daher, die derzeitigen Dimensionierungsansätze von Entwässerungseinrichtungen nach den "Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil: Entwässerung" (RAS-Ew) und nach den "Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten" (RiStWag) zu überprüfen.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI /BASt**	2012-2014	Ressortfinanzierung BMVI 100.000 €	VE-05
2.	39	**Projizierter Klimawandel und Dimensionierung von Straßenbefestigungen:** Die heute angewandten Methoden zur Berücksichtigung von Witterungseinflüssen bei der Dimensionierung von Verkehrsflächenbefestigungen, im Neubau- wie Erhaltungsfall, basieren auf langjährigen meteorologischen Beobachtungsreihen. Die daraus abgeleiteten Kenngrößen sind Mittelwerte von extremen Witterungsereignissen in der Vergangenheit. Bei der Planung für künftige Nutzungszeiträume birgt die Nichtberücksichtigung von Klimaänderungen das Risiko einer Fehldimensionierung und damit das Risiko einer Verkürzung der Nutzungszeiträume. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde daher geprüft, inwieweit eine Anpassung der witterungsabhängigen Eingangsparameter in die standardisierte und rechnerische Dimensionierung von Straßenbefestigungen notwendig ist.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt**	2012-2014	Ressort-finanzierung BMVI 150.000 €	VE

5 Forschung / Monitoring							
2.	40	**Ermittlung von Datengrundlagen zur Berücksichtigung von Klimawirkungen bei der Projektdefinition in der Bundesverkehrswegeplanung** Handlungsbedarf in der Bundesverkehrswegeplanung kann sich ergeben, wenn Auswirkungen des Klimawandels Veränderungen oder Ergänzungen von Verkehrsinfrastrukturen auf Netzebene erforderlich machen. Dies gilt insbesondere, wenn die klimabedingten Sachverhalte sich nicht bzw. nicht nur auf die technische Gestaltung der Maßnahmen auswirken, sondern haben auch Einfluss auf den Trassenverlauf bei den Verkehrsträgern Straße und Schiene haben. Dies wäre beispielsweise der Fall, wenn relevante Beziehungen von Verkehrs- bzw. Güterströmen einem hohen Risiko unterliegen, durch Störungen unterbrochen zu werden. Grundsätzlich könnten die anpassungsseitigen Rahmenbedingungen in den bestehenden Prüfprozess zum BVWP eingebunden werden. Es besteht jedoch Forschungsbedarf, da notwendige Daten zur Berücksichtigung in der Bundesverkehrswegeplanung noch nicht vorliegen (und damit eine Berücksichtigung im BVWP 2015 nicht möglich sein wird). Vorgaben beispielsweise zu Räumen mit ausgeprägten klimabedingten Gefahren müssen räumlich konkretisiert werden und in einer Auflösung vorliegen, die dem Maßstab anderer räumlicher Untersuchungen des BVWP (z. B. Trassenverlaufsplausibilisierung aus umwelt- und naturschutzfachlicher Sicht) entsprechen.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI**	Daueraufgabe	Ressort-finanzierung BMVI	VE-04 IG-04
2.	41	**Karten der Eisbedeckung in der Ostsee** Zur Sicherheit der Seeschifffahrt in Gebieten mit saisonaler oder ganzjähriger Eisbedeckung sind Karten über den Zustand und die Ausbreitung von Meereis notwendig. Die Informationen dieser Karten lassen sich zu klimatologischen Zeitreihen verknüpfen. Hauptarbeitsgebiet des BSH-Eisdienstes ist die westliche Ostsee.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur, Bauwesen, Küstenschutz, Fischerei und weitere	**BSH,** DWD, DLR, fremde staatliche Eisdienste	seit 1926 Daueraufgabe	BSH Haushalt	VE IG-04

6 Netzwerke und Kooperationen							
2.	42	**"The Resilient Road":** Element des Forschungsprogramms "Forever Open Road" mit Schwerpunkt Anpassung an den Klimawandel	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI, BASt,FEHRL**	seit 2013 Daueraufgabe	Ressortfinanzierung BMVI	VE
7 Öffentlichkeitsarbeit, Kommunikation, Information (Aufklärung, Handreichungen)							
2.	43	**Entwicklung eines Geoinformationssystems zur bundesweiten Risikoabschätzung von zukünftigen Klimafolgen für Immobilien** Aufbauend auf dem Forschungsprojekt „Risikoabschätzung der zukünftigen Klimafolgen in der Immobilien- und Wohnungswirtschaft“ (siehe B.1.3. Nr. 72a), soll ein GIS-ImmoRisk-Tool entwickelt und umgesetzt werden, das eine deutschlandweit flächendeckende Bestimmung und Abschätzung von Risiken aus Klimafolgen (Extremwetterereignisse) für Immobilieneigentümer ermöglichen soll.	Bauwesen (Wohnungs- und Immobilienwirtschaft)	BMWi, BBSR	2015 - 2017	Ressortfinanzierung BMWi	BAU
2.	44	**Vernetzung und Kommunikation des Forschungsprogrammes Adaptation der Straßenverkehrsinfrastruktur an den Klimawandel (AdSVIS) :** Alle Teilprojekte von AdSVIS stehen vor verwandten Forschungsfragen. Einzelne bauen aufeinander auf. Daher ist eine Vernetzung der Teilprojekte zentral, um Ergebnisse und Zwischenergebnisse untereinander auszutauschen, Methoden zu diskutieren und eine gemeinsame Datenbasis zu schaffen. Außerdem sollen Methodik und Forschungsergebnisse der Teilprojekte sowie der sich ableitende Handlungsbedarf an die Zielgruppen von AdSVIS, vor allem die für Straßenplanung und -bau zuständigen Behörden, kommuniziert werden. Nur so ist es möglich, dass die Ergebnisse in der Praxis Berücksichtigung finden und zu einer hohen Verkehrssicherheit und einem effizienten Mitteleinsatz bei Bau und Erhalt von Straßenverkehrsinfrastruktur beitragen.	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	**BMVI /BASt**	2013-2017	Ressortfinanzierung BMVI	VE

2.	45	**Klimaangepasstes Bauen bei Gebäuden** Grundsätzlich ist anzumerken, dass bei Beachtung der derzeitigen technischen Vorgaben die Gebäude und Bauwerke des Bundes hinreichend den normalen Wetterereignissen widerstehen. Um Gebäude und Bauwerke jedoch auch gegenüber zukünftigen Herausforderungen aus dem Klimawandel und bereits jetzt zu bewältigende Extremwetterereignisse zu ertüchtigen, müssen die vorhandenen Erkenntnisse und das Wissen über diese Ereignisse in die technischen Regelwerke zur Wartung, Instandhaltung und Neubau einfließen. So könnten wesentliche Gefährdungspotentiale frühzeitig erkannt und Schadensereignisse deutlich verringert werden. (siehe Sicherung von Gebäuden und Bauwerke gegen Starkregen.) Um den sich verstärkenden Lastannahmen auf Gebäude und Bauwerke durch - Hochwasser, Starkregen, Kanalrückstau - Hagel - Sturm - Hitze und Trockenheit ein sicheres bautechnisches Handeln entgegen zu stellen, sind Beurteilungshilfen, Gebietsbelastungstabellen u.ä. wünschenswert. Das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes (BNB) ermöglicht anhand einer erläuterten themenbezogenen Abfrage auch die Bewertung von „Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren“. Berücksichtigt werden hierbei die Gefahren Wind, Starkregen, Hagel und Schnee sowie Hochwasser. Quelle: Neue Broschüre des BBSR: Klimaangepasstes Bauen bei Gebäuden BBSR-Analysen KOMPAKT 2/2015 silvia.haupt@bbr.bund.de http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/AnalysenKompakt/2015/DL_02_2015.pdf;jsessionid=DCF609AB096078C01781CC909480B1DF.live2053?__blob=publicationFile&v=2	Bauwesen	BMUB, BBSR, BMF/ BImA		Ressortfinanzierung	BAU-02 BAU-03

2.	46	**Prüfung der Potenziale des Instrumentes: Überprüfung von Wärmelastplänen unter veränderten hydrologischen und Temperaturbedingungen** Eine Gefährdung der Energieerzeugung durch thermische Kraftwerke und der Produktion in Industrieprozessen kann durch hydrologische Veränderungen von Entnahmegewässern für Kühlwasser entstehen. Durch höhere Gewässertemperaturen kann es häufiger zu Einschränkungen bei der Einleitung von Kühlwasser bzw. bei Niedrigwasserperioden zu begrenzter erlaubter Wasserentnahme kommen. Um klimabedingte Produktionsengpässe durch begrenzte Wasserentnahme und Wassernutzungskonflikte zu vermeiden, sollten die Wärmelastpläne unter veränderten hydrologischen und Temperaturbedingungen (Modellierung) überprüft und das Kraftwerksmanagement optimiert werden. In diesem Zusammenhang sollten auch der Stand der Technik und die Verfügbarkeit von Kühltechnologien geprüft werden, die die Einleitung erwärmten Wassers verhindern. Für eine ausgewogene und sachgerechte Maßnahmenableitung bedarf es einer differenzierten Betrachtung der verschiedenen Einflüsse auf die Gewässertemperatur in der Modellierung. Auch die Wechselwirkungen zwischen hohen Nährstoffeinträgen aus der Landwirtschaft und den Gewässertemperaturen sowie die grenzübergreifenden Effekte im Einzugsgebiet durch die erhöhte Temperatur müssen berücksichtigt werden.	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Energiewirtschaft	BMUB		200.000 €	EW-04

Kennung Nr. ff.		Titel und kurze Beschreibung des Instrumentes / der Maßnahme	Handlungsfelder	Federführung/ beteiligte Partner	Zeitraum	Finanzumfang / Finanzquelle	adressierte Klimawirkungen (Kürzel siehe Tabelle Klima wirkungen)
Cluster Land							
1 Anpassung von Infrastrukturen							
3.	1	**Entwicklung eines bundesweiten funktionsfähigen Biotopverbundes** zur Schaffung von Überlebensmöglichkeiten für heimische Arten und Lebensräume und um eine geografische Anpassung von Organismen infolge von klimatischen Veränderungen zu ermöglichen.	Biologische Vielfalt	**BMUB/ Bundesländer**		Nutzung vorhandener Förderprogramme	BD-02 BD-04
3.	2	**Optimierung der Lebensräume klimasensitiver und / oder gefährdeter Arten, um diese widerstandsfähiger und anpassungsfähiger zu machen,** z.B. Vorhalten ausreichend großer Flächen mit Lebensraumschutzfunktion, Intensivierung von Entwicklungsmaßnahmen zur Förderung einer größeren Naturnähe von Ökosystemen, Zulassen einer natürlichen Dynamik von Ökosystemen.	Biologische Vielfalt	**BMUB/ Bundesländer**		Nutzung vorhandener Förderprogramme	BD-02 BD-04
3.	3	**Schaffung klimaplastischer Wälder im Bundesforst** „Unter Berücksichtigung der jeweiligen Zweckbestimmung der Bundeswälder entwickelt die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA) stabile, strukturreiche und standortgerechte Mischwälder unter Ausnutzung natürlicher Sukzession. Dabei orientiert sie sich am aktuellen Stand der Forschung“ (APA 2011, Aktivität B.3.13; BMF/BImA, ab 2011).	Wald- und Forstwirtschaft	**BMF / BImA, BMUB,** BMEL	2011-	kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf	FW
3.	4	**Systematische Beachtung der Klimaschutzfunktionen des Bodens in bundeseigenen Vorhaben** Boden kann durch seine Funktion als Kohlenstoffspeicher und seine Kühlungsfunktion für die untere Atmosphäre dem Klimawandel entgegenwirken. Viele Eingriffe in den Boden führen zu einer Verringerung dieser Klimaschutzfunktion. Der Bund ist als Bau- und Planungsträger Bodennutzer. Er kann Vorbild für den Schutz der Klimaschutzfunktionen sein. Planungs-, Durchführungs- und Betriebsphasen von bundeseigenen Vorhaben sollen systematisch auf das Optimierungspotential überprüft und angepasst werden.	handlungsfeldübergreifend	**BMUB / UBA,** BMEL, BGR	Daueraufgabe	kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf	BO

4 Finanzierungs- oder Anreizinstrumente							
3.	5	**Förderinstrument Waldklimafonds (WKF)** Mit den Maßnahmen des Waldklimafonds soll das CO2-Minderungs-, Energie- und Substitutionspotenzial von Wald und Holz erschlossen und optimiert sowie die Anpassung der deutschen Wälder an den Klimawandel unterstützt werden.	handlungsfeld-übergreifend	**BMEL / BLE, BMUB**	seit 2013	14,4 Mio Euro aus dem EKF für Wirtschafts-jahr 2015; WiPlan 2016 sieht 17,6 Mio Euro vor	FW
3.	6	**Bundesprogramm Biologische Vielfalt** Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. Im Förderschwerpunkt Ökosystemdienstleistungen ist ausdrücklich die Sicherung der Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel genannt.	Biologische Vielfalt	**BMUB**		Ressortfianzierung 2015 15.000.000 € 2016 18.000.000 € (BMUB, Bundespro-gramm Biologische Vielfalt)	BD
5 Forschung / Monitoring							
3.	7	**Forschung zur nachhaltigen Moornutzung** Es sollten alternative Nutzungsweisen entwickelt werden, die eine nachhaltige und wirtschaftlich tragfähige Nutzung nasser und wiedervernässter Moore ohne dauerhafte Entwässerung erlauben.	Boden Biologische Vielfalt	**BMUB** / BfN, BMBF, BMEL		Ressort-finanzierung UFOPLAN	BO BD
3.	8	**Forschung zu Zahlungen für Ökosystemleistungen (Payments for Ecosystem Services, PES)** Zahlungen für Ökosystemleistungen umfassen freiwillige Transaktionen zwischen einem Dienstleistungsanbieter und einem Nutznießer. Ein finanzieller Anreiz für den Anbieter (z.B. den Landwirt) sein Land nachhaltig zu bewirtschaften, führt zu dem Schutz von Ökosystemleistungen. Ökosystem-leistungen können sowohl durch die Regierung, als auch durch private Unternehmen oder Organisationen finanziert werden. Ein Beispiel stellt Vittel in Frankreich dar, in welchem Vittel für die Dienstleistung einer schonenden (nitrat-armen) Landwirtschaft in der Umgebung der Vittel-Quelle zahlt. Auch Vertragsnaturschutzmaßnahmen können als PES verstanden werden. Da bisher erst einige Pilotbeispiele vorliegen und auch noch konzeptionelle Fragen offen sind, sollte dieser Ansatz über Forschungsaufträge konkretisiert und weiterentwickelt werden. Zudem sollten notwendige Rahmenbedingungen identifiziert, analysiert und bei der weiteren Umsetzung von Pilotprojekten berücksichtigt werden. Weiterhin sollten durch die Pilotprojekte Daten vor allem zur Erfassung und Bewertung des Nutzens von Ökosystemleistungen erarbeitet werden. Pilotprojekte könnten sowohl in Public-Private Partnership, als auch innerhalb der Privatwirtschaft durchgeführt werden. Weiterhin ist zu untersuchen, inwieweit Zahlungen für Ökosystemleistungen in ihrer praktischen Anwendung unterstützt werden können.	Biologische Vielfalt	**BMUB** / BfN, BMBF, BMEL		Ressort-finanzierung UFOPLAN	

3.	9	**Sicherung der Ökosystemintegrität im Klimawandel** Auf Grundlage von Szenarien für Klimaänderungen und andere Stressoren sollen Projektionen der Entwicklung von Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen sowie der Biodiversität erstellt und ein in Deutschland einheitlich anwendbares Bewertungssystem für den Zustand und die nachhaltige Entwicklung naturnaher terrestrischer Ökosysteme entwickelt werden.	Biologische Vielfalt	BMUB / UBA / BfN, BMEL	2011-2016	Ressortfinanzierung UFOPLAN	BD-03
3.	10	**Bundesweite Ermittlung der Folgen des Klimawandels auf die Bodenerosion durch Wind** Die Erosion ackerbaulich genutzter Flächen vermindert die Bodenfruchtbarkeit und führt zu einem Anstieg diffuser Stoffeinträge in die Gewässer. Die Zunahme von Windgeschwindigkeiten und von Trockenperioden erhöht das Risiko für die Bodenerosionsgefährdung durch Wind. Erste bundesweite Daten über die potentielle Bodenerosionsgefährdung durch Wind sowie mögliche klimawandelbedingte Trends liegen im Maßstab 1:1.000.000 vor.	Boden	**BMUB / UBA,** BMEL, BGR	-2015	Ressortfinanzierung BMUB / BMWi	BO-01
3.	11	**Fortschreibung und Validierung der bundesweiten Daten zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Bodenerosion durch Wasser**Erste bundesweite Daten über die potentielle Bodenerosionsgefährdung durch Wasser liegen bei der BGR sowie über mögliche klimawandelbedingte Trends beim UBA jeweils im Maßstab 1:1.000.000 vor.Ziel: Fortschreibung und Aktualisierung der seit Anfang 2010 vorliegenden bundesweiten Daten und Karten zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Bodenerosion durch Wasser. Grundlage bildete das Klimamodell WETTREG. Um die Spannweite der zukünftigen Erosionsentwicklung bewerten zu können und um valide Daten zu haben, erfolgt in einem weiteren Schritt die Betrachtung eines Ensembles von Klimaszenarien (STAR, REMO, CLM).	Boden	**BMUB / UBA,** BMEL, BGR		Ressortfinanzierung BMUB / BMWi	BO-01
3.	12	**Bestimmung der Veränderungen des Humusgehaltes und deren Ursachen** Der Humusgehalt bestimmt maßgeblich die Ertragsfähigkeit der Böden und bildet eine große Kohlenstoffsenke im globalen Kohlenstoffhaushalt. Wechselnde Nutzungsweisen und ein Wandel der klimatischen Einflussg6rößen bestimmen die Dynamik und damit den Gehalt in der Zukunft. Es werden Informationen über die Zusammenhänge und die Vorhersagemöglichkeit ermittelt.	Boden	**BMUB / UBA,** BMEL		Ressortfinanzierung BMUB	BO-05
3.	13	**Forschung in Bezug auf Klimawandel und Waldmanagement** Risiken für Wälder beobachten und quantifizieren, Anpassen der Baumartenempfehlungen mit Fokus auf Schaffung stabiler, strukturreicher und standortgerechter Mischwälder, Überarbeiten von Standortkartierung, Waldbrand- und Schädlingsprävention	Wald- und Forstwirtschaft	**BMEL / TI, BMUB**		Ressortfinanzierung BMEL	FW

3.	14	**Konsequenzen des Klimawandels für die Nachhaltigkeitsziele zum Pflanzenschutzmitteleinsatz** Studie zur Effizienz und Zulänglichkeit der Maßnahmen der Bundesregierung für die Erreichung der Umweltziele zum nachhaltigen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln unter den Bedingungen des Klimawandels.	handlungsfeld-übergreifend	**BMEL/JKI, BMUB**	2014-2016	Ressortfinanzierung 200.500 €	WW-09
3.	15	**Forschung und Innovationsförderung zur Anpassung der Umweltbewertung von Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen**Forschung und Innovationen zur Anpassung der Methoden der Umweltbewertung von Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen an veränderte Klimabedingungen. Besonderer Bedarf besteht auf den folgenden Gebieten: Abschätzung des Abbaus und der Exposition von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen in der Umwelt (Grundwasser, Oberflächengewässer). Weiterentwicklung der Modelle und Szenarien im Hinblick auf sich wandelnde Klimabedingungen. Vor dem Hintergrundeiner angestrebten harmonisierten Bewertung der Exposition auf EU-Ebene (FOCUS) sollen europäische Szenarien/Modelle einbezogen werden (ergänzt durch BVL).	handlungsfeld-übergreifend	BMUB / **UBA,** BMEL	2015-	Ressortfinanzierung BMUB	WW-09
3.	16	**Anpassung von Pflanzenschutzstrategien:** Vor allem am JKI laufen Untersuchungen zu Veränderungen des Auftretens von Schaderregern bei Klimawandel. Es werden entsprechende historische Daten gesammelt und die Datenbank KLIMAPS gepflegt. Die Forschung zur Anpassung von Schaderregern und zur Förderung von Innovationen zur Anpassung von Pflanzenschutzstrategien an veränderte Klimabedingungen sollte verstärkt werden.	Landwirtschaft	**BMEL / JKI**		Ressortfinanzierung BMEL	LW-04
3.	17	**Fortführung und Verstärkung der Forschung zum Thema Biodiversität und Klimawandel.** Im Rahmen von Projekten werden die Forschungen zum Thema Biologische Vielfalt in Klimaschutz und Klimaanpassung fortgeführt. Ferner werden Anpassungsstrategien für die Bereiche Arten- und Gebietsschutz entwickelt um Artenverluste bei klimasensiblen Tieren und Pflanzen zu verringern. Hierfür wird die Freilandforschung intensiviert. Handlungsorientierte Empfehlungen zu einem klimawandelgemäßen Management von Schutzgebieten werden erarbeitet.	Biologische Vielfalt Raum-, Regional- und Bauleitplanung	**BMUB / BFN**	Daueraufgabe	Ressortfinanzierung Umweltforschungsplan	BD
3.	18	**Vorlaufforschung: Stärkung der Belange der Anpassung und des Klimaschutzes in der Regulierung der Landwirtschaft:** Weiterentwicklung und Konkretisierung der guten fachlichen Praxis in der landwirtschaftlichen Bodennutzung. Etablierung regionaler Beratungen und Entwicklung geeigneter Beratungsinstrumente für die Schulung der Landwirte.	Landwirtschaft	**BMUB / UBA, BMEL,** BGR		Ressortfinanzierung	BO LW

3.	19	**Kooperationsprojekte mit Partnerinstituten. Entwicklung eines operationellen Monitoring- und Prognoseportals welches auf Erosionsgefährdung und kritische Bodenfeuchten (in Bezug auf Bodenbefahrbarkeit) hinweist.**Bodenerosion verursacht durch Wind und Niederschläge ist eine zunehmende Gefahr für Ackerböden und Gewässer. Eine mögliche Zunahme von Bodenerosion begünstigenden Wetterlagen in Folge des Klimawandels ist zu berücksichtigen. Bodenverdichtung gefährdet die Fruchtbarkeit des Bodens. Einer der wichtigsten Einflussgrößen ist die Bodenfeuchte. Diese unterliegt möglichen Schwankungen in Folge des Klimawandels. Bundesbodeninformationssysteme wie vom Netzwerk Boden. Bund angestrebt sind weiterzuentwickeln. Landwirte benötigen Informationen darüber wie sich die Bedingungen in Folge des Klimawandels ändern können.	Boden	**DWD,** BMEL, BGR	Daueraufgabe	DWD Haus-halt	BO-01 BO-02
3.	20	**Wasserschutz-Kooperationsprojekte mit Partnerinstituten. Anpassung von Bewässerungsverfahren und Pflanzenschutzmaßnahmen an den Klimawandel. Entwicklung eines Monitoring- und Prognoseportals** Die effiziente Nutzung von Wasser, die Verringerung des Eintragens von Nitraten in das Grundwasser sowie eine Verbesserung des nachhaltigen Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln sind Aufgaben denen wir uns insbesondere unter den Bedingungen des Klimawandels stellen müssen. Im Hinblick auf neue Sorten und Energiepflanzen als Folge des Klimawandels ist agrarmeteorologische und – klimatologische Grundlagenarbeit notwendig. Landwirten müssen Werkzeuge an die Hand gegeben werden mit denen sie eine nachhaltige Landwirtschaft im Sinne der guten fachlichen Praxis umsetzen können.	Landwirtschaft	**DWD,** BMEL	Daueraufgabe	DWD Haus-halt	LW
3.	21	**Kooperationsprojekte mit Partnerinstituten. Untersuchung der zunehmenden Gefährdung von Wäldern durch Sturmwetterlagen sowie Bestandsklimauntersuchungen für klimatisch bedingte Baumempfehlungen.** Untersuchung der Anpassung bestimmter Schädlinge (z.B. Buchdrucker) an die Folgen des Klimawandels. Bestandsklimauntersuchungen für klimatisch bedingte Baumartenempfehlungen mit Hilfe von agrarmeteorologischen Modellen durchführen. Untersuchung inwieweit sich die Häufigkeit von waldgefährdenden Sturmlagen sowie Böschungs- und Waldbrände infolge des Klimawandels verändert.	Wald- und Forst-wirtschaft	**DWD,** BMEL	5 Jahre ab Start	DWD Haus-halt	FW

3.	22	**Prüfung der Potenziale des Instrumentes: Koordiniertes Vorgehen von Bund und Ländern zur Einrichtung eines Monitorings direkter und indirekter Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland**Um direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland frühzeitig zu erkennen und Veränderungen zu dokumentieren, bedarf es eines zielgerichteten und dauerhaften Monitorings. Wesentlicher Gegenstand eines solchen Monitorings sollten auf Grundlage des § 6 BNatSchG Abundanz- und Arealveränderungen von Arten, Veränderungen von Lebensgemeinschaften und Biotopen sowie mögliche indirekte Auswirkungen des Klimawandels infolge veränderter Landnutzungen sein. Etablierte bundesweite Monitoringprogramme wie das Vogelmonitoring, FFH-Monitoring, Monitoring von Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert oder das Tagfaltermonitoring sind hierfür nur in begrenztem Umfang geeignet und müssten für diesen Aufgabenbereich erweitert werden. Darüber hinaus besteht Bedarf, neue Programme vor allem beim Monitoring von Biotopen, Gefäßpflanzen und Wirbellosen mit Zielrichtung auf die Auswirkungen des Klimawandels einzurichten. Dabei sollten auch die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel sowie Erfolge solcher Maßnahmen im Handlungsfeld der biologischen Vielfalt abgedeckt werden.	Biologische Vielfalt	**BMUB, BfN**		kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf	BD

6 Netzwerke und Kooperationen							
3.	23	**Etablierung und Ausbau von Bodenmonitoringnetzwerken** Daten über den Bodenzustand liegen in Deutschland in uneinheitlichem Format und verteilt an verschiedenen Orten vor. Datenzugang ist nicht gewährleistet. Zudem muss das Bodenmonitoring unter klimawandelbezogenen Aspekten weiterentwickelt werden, um z. B. eine Erfolgskontrolle von Anpassungsmaßnahmen zu ermöglichen. Die Netzwerke (Bund-Länder-Netzwerk und Ressortnetzwerk) dienen der Weiterentwicklung und länderübergreifenden Abstimmung der Dauerbeobachtungsprogramme mit Blick auf ein Klimawandel bezogenes Bodenmonitoring, einer stärkeren Vernetzung und Zusammenarbeit bei der Datenauswertung, der Schaffung einer Grundlage für die nationale Berichterstattung zu klimarelevanten Fragestellungen, zur Optimierung des Datenaustausches und Abstimmung methodischer Fragen.	Boden	**BMUB / UBA,** BMEL, BGR, Länder	2016 Daueraufgabe	100.000 €	BO
3.	24	**Bildung eines Fachnetzwerks Boden**Die kontinuierlichen Treffen finden auf Arbeitsebene 1-2 Mal im Jahr statt. Arbeitsschwerpunkte des Fachnetzwerkes Boden. Bund: Deutsche Anpassungsstrategie, Aktionsplan Anpassung, Internet-Informationsangebote zu bodenbezogenen Fragestellungen (Boden. Bund, bodendaten.de) Harmonisierung der Datenauswertung und Qualitätssicherung**.**	Boden	**BMUB / UBA, BGR, DWD, JKI, Thünen-Institut**		Haushalte der beteiligten Behörden	BO
3.	25	**Science-Policy-Dialoge zu Klimawandel und Biologischer Vielfalt** Organisation und Durchführung von Konferenzen/Tagungen/Workshops/Seminaren zum Thema Klimawandel und biologische Vielfalt für Personen aus der Wissenschaft, Verwaltung/Behörden, Naturschutzpraxis und Politik, um den gegenseitigen Informationsaustausch zu fördern und Projekte/Strategien/Programme zu entwickeln, die sowohl der Umsetzung wissenschaftlicher Ergebnisse in Praxis und Politik dienen als auch aktuelle, gesellschaftsrelevante Fragestellungen an die Wissenschaft aufzeigen.	handlungsfeld-übergreifend	**BMUB / BfN**	Daueraufgabe	Ressortfinanzierung UFOPLAN	BD

7 Öffentlichkeitsarbeit, Kommunikation, Information (Aufklärung, Handreichungen)							
3.	26	**Zielgruppenorientierte Qualifikationsmaßnahmen zur Berücksichtigung der Kühlfunktion und der Kohlenstoffspeicherfunktion des Bodens bei seiner Nutzung** Boden kann durch seine Funktion als Kohlenstoffspeicher und seine Kühlungsfunktion für die untere Atmosphäre dem Klimawandel entgegenwirken. Viele Eingriffe in den Boden führen zu einer Verringerung dieser Klimafunktion. Die Klimafunktion des Bodens ist in großen Gebieten Deutschlands bereits stark herabgesetzt. Sehr deutlich zeigt sich dies bei den hohen Klimagasemissionen aus den landwirtschaftlich genutzten Moorböden und der Ausbildung städtischer Wärmeinseln. Beide Funktionen und die Möglichkeiten diese zu schützen müssen den Bodennutzern (z. B. Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Bauwesen) bekannt sein, damit diese sie bei ihrer Nutzung entsprechend berücksichtigen können.	handlungsfeld-übergreifend	BMUB / UBA , BGR	2016-2017	240.000€	BO
3.	27	**Einrichtung und Betrieb einer webbasierten Informationsplattform für Bodendaten in Deutschland** Die Maßnahme dient der Unterstützung der Klimafolgen- und -anpassungsforschung mit belastbaren Bodendaten. Es gibt in Deutschland eine Vielzahl an Aktivitäten zur Erhebung des Bodenzustands und zum Monitoring. Die Informationen über die Bodendaten sind uneinheitlich und liegen verteilt an vielen Stellen vor. Der Datenzugang ist nicht gewährleistet. Ziel des Vorhabens: Bereitstellung von Metainformationen über Daten aus Bodenmonitoring und Bodenzustandserhebung. Information der Öffentlichkeit und der Fachwelt über die Aktivitäten und das Datenangebot (Verteilung der Untersuchungsstandorte, Untersuchungsparameter, Ansprechpartner, Datenverfügbarkeit).	Boden	**BMUB / UBA,** BGR	2011-	Ressortfinanzierung BMUB	BO
3.	28	**Informationskampagnen zu Klimawandel und Auswirkungen auf die biologische Vielfalt** Informationskampagnen zu Klimawandel und Auswirkungen auf die biologische Vielfalt sollen als Teil der Öffentlichkeitsarbeit zur Nationalen Strategie zur Biodiversität, auch im Zusammenhang mit den Aktivitäten der Ende 2010 ausgerufenen UN-Dekade zur biologischen Vielfalt (2011-2020), und in der Umsetzung der UN-Dekade "Bildung für nachhaltige Entwicklung" (2005-2014) durchgeführt werden (APA 2011, Aktivität B.1.2.260; BMU/BfN, Zeitraum 2011 ff.). Hierbei sollte die Bevölkerung auch als Wissensträger beteiligt werden, um vorhandenes Wissen nutzbar zu machen.	Biologische Vielfalt	**BMUB / BfN**		Ressortfinanzierung EP 16 (1604, 1611)	BD

3.	29	**Internetplattform „Klimawandel und Klimaschutz im Agrarbereich“:**Seit September 2010 betreibt BMEL sein Klimaportal online unter www.klimawandel-und-klimaschutz.de. Es informiert umfassend zu diesem Thema und weist insbesondere auf die Leistungen der Land- und Forstwirtschaft sowie der vor- und nachgelagerten Bereiche hin. Durch Einbindung der Forschungsdatenbank FISA (www.fisaonline.de) wird der Wissenstransfer von Forschungsergebnissen insbesondere auch in die Praxis unterstützt. Die Länder haben die Möglichkeit, ihre Projekte auf dieser Plattform aktuell darzustellen.	LandwirtschaftWald- und Forstwirtschaft	**BMEL**	Daueraufgabe	BMEL, laufende Kosten	LWFW
8 Sonstiges							
3.	30	**Nachhaltige Ausgestaltung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen unter Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels** Die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung hat den Auftrag, den Status quo ante von Naturhaushalt und Landschaftsbild trotz erheblicher Beeinträchtigungen durch Projekte zu erhalten. Dazu sind in erster Linie vermeidbare Beeinträchtigungen zu unterlassen. Nicht vermeidbare Beeinträchtigungen sind durch Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zu kompensieren. Vor dem Hintergrund der Effekte des Klimawandels und seiner Auswirkungen auf die biologische Vielfalt stellt sich die Frage, wie die aus dem Verursacherprinzip resultierenden Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen so ausgestaltet werden, dass sie nachhaltig die Projektwirkungen kompensieren. Diese Anforderung ist sowohl auf die naturschutzfachlich-funktionale Wirksamkeit als auch auf die Effizienz der Umsetzung und dauerhaften Erhaltung der Kompensationsmaßnahmen zu beziehen. Einen Anknüpfungspunkt bildet das im APA 2011 genannte Vorhaben zur „Entwicklung und Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen zur Eingriffsfolgenbewältigung unter Nutzung von Synergien mit naturschutzorientierten Anpassungsmaßnahmen“, in dem methodische Ansätze zur Berücksichtigung von Klimaaspekten bei der Beurteilung von Eingriffen und der Ausgestaltung von Kompensationsmaßnahmen erarbeitet werden sollten (Aktivität B.1.3.76, BMU/BfN, Zeitraum 2011-2017).	Biologische Vielfalt Raum,- Regional- und Bauleitplanung	**BMUB / BfN**	2011-2017	Ressortf-inanzierung UFOPLAN	BD

3.	31	**Entwicklung und modellhafte Umsetzung landschaftspflegerischer Maßnahmen zum Erhalt der Durchlässigkeit von Landschaften:** Im Rahmen der geplanten Maßnahme sind alle Typen von landschaftspflegerischen Vorkehrungen, die zur Erhaltung und Entwicklung von Natur und Landschaft, zur Vermeidung oder zum Ausgleich von Eingriffsfolgen, zur Abschwächung der Auswirkungen des Klimawandels sowie zur nachhaltigen Ausgestaltungen von Landnutzungen ergriffen werden, auf ihre Relevanz zur Anpassung an den Klimawandel zu prüfen. Im Vordergrund steht dabei das Leitbild einer durchlässigen und damit gegenüber dem Klimawandel robusten Landschaft, die gleichzeitig eine nachhaltige Infrastrukturentwicklung zulässt. Das Maßnahmenbündel soll zunächst modellhaft umgesetzt und erprobt werden. Das Maßnahmenbündel steht in engem Zusammenhang mit dem Bundesprogramm Wiedervernetzung von Biotopen.	Biologische Vielfalt	BMUB / BfN	2011-	Ressortfinanzierung 100.000T € für Entwicklung (BMUB, Umweltforschungsplan 2011), die modellhafte Umsetzung ist noch offen	BD-04
3.	32	**Entwicklung von Leitbildern der räumlichen Gesamtplanung für anpassungsfähige und belastbare Raum- und Landschaftsstrukturen vor dem Hintergrund des Klimawandels:** Am Beispiel von Modellregionen wird eine bundesweit übertragbare Vorgehensweise zur Entwicklung von auf Natur und Landschaft bezogenen Leitbildern zur Integration in die räumliche Gesamtplanung erarbeitet. Ziel ist die effiziente Berücksichtigung und räumliche Steuerung der Auswirkungen des Klimawandels auf Natur und Landschaft durch die Entwicklung robuster und gleichzeitig flexibler Raumstrukturen.	Biologische Vielfalt Raum-, Regional- und Bauleitplanung	**BMUB / BfN / BBSR**	2011-2016 (2020)	Ressortfinanzierung 500.000 €	BD

Kennung Nr. ff.		Titel und kurze Beschreibung des Instrumentes / der Maßnahme	Handlungsfelder	Federführung / beteiligte Partner	Zeitraum	Finanzumfang / Finanzquelle	adressierte Klimawirkungen (Kürzel siehe Tabelle Klimawirkungen)
Cluster Gesundheit							
3 Bildung, Ausbildung							
4.	1	**Zielgruppenspezifische Information der Fachleute im Gesundheitssektor** Multiplikatorenschulung über präventive und gesundheitsfördernde Maßnahmen um Wissenslücken für den Bereich der gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels zu schließen.	Menschliche Gesundheit	BMG		offen	GE
4 Finanzierungs- oder Anreizinstrumente							
4.	2	**Prüfung der Potenziale des Instrumentes: Integration von Klimaanpassung in das Bund-Länder-Programm Soziale Stadt** Städte sind besonders von Klimawandelauswirkungen betroffen, dies betrifft vor allem Hitzeeffekte und Starkregenereignisse. Hitze kann aufgrund des Wärmeinseleffekts im städtischen Raum besonders extrem ausfallen. Die daraus folgenden Gesundheitswirkungen können mit Hilfe von planerischen und baulichen Maßnahmen, aber auch mit verhaltensorientierten Maßnahmen gemindert werden. Vorschlag: Um das Thema Klimarisiken und Gesundheit an die betroffene Bevölkerung zu transportieren, könnte das bestehende Bund-Länder-Programm Soziale Stadt genutzt werden. In dieses könnte Klimaanpassung als Förderkriterium oder Förderschwerpunkt integriert werden. Somit könnte eine klimaangepasste und gesundheitsfördernde Stadtplanung gefördert werden, aber auch Initiativen in Stadtquartieren aus- und weitergebildet werden. Es wird daher angeregt zu prüfen, ob eine Integration von Klimaanpassung in das Bund-Länder-Programm Soziale Stadt möglich ist.	Menschliche Gesundheit	**BMUB, BBSR**		kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf	BAU-04 GE-01

5 Forschung / Monitoring							
4.	3	**Prüfung der Rahmenbedingungen für die Verstetigung und Erweiterung von Gesundheits- und Umweltmonitoringsystemen sowie eines integrierten Gesundheits- und Umweltmonitoringsystems und zur Umsetzung von Schutzmaßnahmen zur Infektionsprävention** Im Kontext einer gesundheitlichen Anpassung an den Klimawandel wäre eine integrierte Datenerhebung und synergistische Analyse, z.B. Pollen- und Allergiemonitoring; erhöhte Kontrolle während Hitzeperioden durch die Lebensmittelüberwachung und die Auswertung von Umwelt- und Mortalitätsdaten zu empfehlen. Für eine kontinuierlich gesicherte Datenerhebung/ -auswertung ist es außerdem problematisch, dass z.T. Monitoringaktivitäten bislang nur projektbezogen, zeitlich befristet erfolgen. Eine Verstetigung fehlt derzeit z.B. für das Monitoring von bedeutenden Krankheitsüberträgern (Vektoren) wie bspw. unter den Stechmücken (v.a. Aedes- und Culex-Arten), Sandmücken und Schildzecken und Pathogenzirkulationen bedeutender Erreger in Naturherden von Infektionen wie z.B. in Microfoci der FSME. Vorschlag: Um die Verstetigung von bestehenden projektfinanzierten Monitoringsystemen zu erreichen, sollte als erstes geprüft werden, wie diese Verstetigung stattfinden kann, vor allem welche Systeme bereits bestehen und welche Verantwortlichkeiten für einzelne Behörden formuliert werden sollten. Die Prüfung sollte auch erfassen, in welchen gesetzlichen Rahmen diese Verantwortlichkeiten und inhaltlichen Schwerpunkte integriert werden können, wie die Systeme zu finanzieren sind und welche gesetzlichen Veränderungen im Datenrecht notwendig sind.	Menschliche Gesundheit	**BMUB / UBA,** BMEL / BVL BMG/RKI	Daueraufgabe angestrebt, bislang nur zeitlich befristete Aktivitäten, z.B. F+E-Vorhaben von 2013 bis 2014	k.A.	GE
4.	3a	**GIS-gestützte Verknüpfung von bundesweiten Umwelt- und Gesundheitsdaten in Deutschland** Das Vorhaben trägt dazu bei, Möglichkeiten der integrierten Auswertung von Gesundheits- und Umweltdaten zu schaffen.	Menschliche Gesundheit	**RKI,** UBA	2013-2014	35.290 €	

4.	4	**Sensibilisierungsmonitoring in Deutschland im Rahmen des bundesweiten kontinuierlichen Gesundheitsmonitorings** Im Zuge des Klimawandels ist von zeitlichen und räumlichen Veränderungen der Allergengehalte und von neuen Allergenquellen auszugehen (Beispiele: Ambrosia-Arten in der Vegetationsperiode und Schimmelpilzbildungen in Innenräumen während milder, regenreicher und feuchter Winter). Die Erfassung der Ausbreitung von Allergenquellen ist mit schwerwiegenden methodischen Problemen befrachtet, so dass auf dieser Basis eine realistische Expositionsabschätzung kaum möglich ist. Zweckmäßiger ist es, von den beim Menschen erfolgten Sensibilisierungen auszugehen, d. h. sich auf die Bestimmung allergenspezifischer IgE-Antikörper im Blutserum zu stützen. Dazu bedarf es der wiederholten Untersuchung einer repräsentativen Bevölkerungsstichprobe (DEGS2-RKI). Ein Sensibilisierungsmonitoring wird aktuelle Einschätzungen und zeitliche Trendanalysen ermöglichen. Dabei könnten auch bundesweit repräsentative Daten zu den Sensibilisierungsprävalenzen bezüglich klimaassoziierter Allergene vorgelegt werden.	Menschliche Gesundheit	**BMG / RKI**		Ressortfinanzierung, keine zusätzlichen Kosten	
4.	5	**Trendanalysen bei importierten vektorübertragenen Infektionskrankheiten in Deutschland** Das RKI wertet die Surveillance-Daten zu importierten vektorübertragenen Infektionskrankheiten (z.B. Chikungunya-Virus, Dengue-Virus, Malaria) auf der nationalen Ebene fortlaufend aus und publiziert wichtige Ergebnisse. Schwerpunkte dabei sind die Analyse von zeitlichen Trends, Änderungen bei den hauptsächlichen Infektionsländern und die detaillierte Aufarbeitung von möglicherweise aus südeuropäischen Ländern importierten oder autochthonen Fällen. Weiterhin werden Risikoeinschätzungen vorgenommen bezüglich eines möglichen Auftretens von autochthonen Fällen in besonders warmen Regionen Deutschlands (unter der Annahme einer Etablierung von kompetenten Vektoren).	Menschliche Gesundheit	**BMG / RKI**	Daueraufgabe	Ressortfinanzierung, keine zusätzlichen Kosten	GE-03

4.	6	**Überwachung invasiver, vektoriell bedeutender Stechmücken** Die Japanische Buschmücke Aedes japonicus hat sich in Deutschland innerhalb kurzer Zeit neu angesiedelt und regional verbreitet. Ein bedeutender Krankheitserreger-Überträger, die Asiatische Tigermücke Aedes albopictus (u.a. Überträger des Chickungunya- und Dengue-Virus in Italien bzw. Frankreich), wird über Transportwege wie Autobahnen bereits nach Deutschland eingeschleppt, vereinzelt wurden Brutstätten und Mücken in Deutschland nachgewiesen (u.a. UFOPLAN FKZ 3711 48402). In einem aktuellen Projekt (Laufzeit 04/2014 bis 03/2017) werden die Importwege exotischer Stechmücken präzisiert und die lokalen Bedingungen für die Etablierung eingeschleppter Stechmückenarten in Deutschland untersucht. In Deutschland bisher nicht vorkommende Stechmückenarten können in Folge des Klimawandels günstigere Entwicklungsbedingungen vorfinden, so dass zukünftig mit einer Etablierung und Verbreitung v.a. des bedeutenden Vektors Ae. albopictus in Deutschland gerechnet werden muss. Vorschläge: (1) Ein systematisches Monitoring sollte zur Überwachung vektoriell bedeutender Stechmücken und durch sie übertragbaren Erreger über die Grenzen einzelner Forschungsprojekte hinaus durchgeführt werden. (2) Auf Basis dieser Ergebnisse müssen Konzepte für eine umweltschonende Bekämpfung erstellt und Maßnahmen wie die Beseitigung der Brutstätten u.ä. durchgeführt werden, bevor die Mückenart sich ebenfalls regional in Deutschland verbreiten kann.	Menschliche GesundheitBiologische Vielfalt	**BMUB / UBA, BMEL**	2014-2017	Ressortfinanzierung 203.200 € (BMUB, Ressortforschung) Maßnahmenumsetzung: ca. 100.000€/Jahr	GE-03
4.	7	**Regionalspezifisches Vorhersagesystem für das Vorkommen gesundheitsgefährdender Nagetiere** Nagetiere können eine Vielzahl von Krankheiten auf den Menschen übertragen. Von besonderer Bedeutung sind Hantaviren, die schwere Nierenerkrankungen hervorrufen können. Mit zunehmender Populationsgröße und -dichte steigt die Durchseuchung von Rötelmäusen mit Hantaviren überproportional an, so dass auch das Risiko der Übertragung von Hanta-Viren auf den Menschen deutlich zunimmt. In einem Projekt (Laufzeit 2013-2016) wird auf der Basis der bereits gewonnenen Daten ein regionalspezifisches Vorhersagesystem für das Hanta-Infektionsrisiko entwickelt. Die Prognose des Infektionsrisikos auf regionaler Ebene ermöglicht eine wichtige Anpassung an die sich ändernden Klimabedingungen. Eine Prognose des Infektionsrisikos ist von Bedeutung, da die Zahl der Hanta-Erkrankungen zeitlich und regional erheblich schwanken kann. Diese Schwankungen sind auf Populationsschwankungen der Mäuse zurückzuführen, die wiederum ihre Ursache eindeutig in Wetterereignissen haben. Dem Projekt kommt eine besondere Bedeutung zu, da Hanta-übertragende Nagetiere neben den Schildzecken (FSME,	Menschliche Gesundheit	**BMEL, BMUB / UBA**	2013-2016	Ressortfinanzierung 197.000 € (BMUB)	GE-03

		Borreliose) die bedeutsamste Quelle umweltassoziierter Infektionskrankheiten darstellen.					
4.	8	**Klimawandel und neue Gesundheitsrisiken:** **Der Eichenprozessionsspinner** Durch die Klimaerwärmung können sich in Deutschland bestimmte Schadorganismen wie der Eichenprozessionsspinner (EPS) besser vermehren und ausbreiten. Der EPS hat gesundheitliches Gefährdungs-potential für unterschiedlich starke Überempfindlichkeitsreaktionen (z.B. allergische Reaktionen verschiedener Schweregrade) und breitet sich mit Vorliebe in dicht besiedelten Gebieten aus. Er stellt somit ein signifikantes Gesundheitsproblem für die Bevölkerung dar. Über die Auswirkungen des Auftretens des Eichenprozessionsspinners für die Gesundheit der Bevölkerung ist wenig bekannt. In diesem Projekt soll in drei Schritten mehr Aufklärung über die Gefährdung durch diesen Eichen-schädling für den Menschen erhalten werden. 1. Erarbeitung eines geeigneten Verfahrens zum Nachweis der EPS-Brennhaare. Dieses wird für die Gefährdungsabschätzung benötigt, auch um gesundheitliche Symptome wie Juckreiz, Rötungen, Quaddeln, Bläschen (Pappeln) (Raupendermatitis und/oder Augenbindehaut-entzündung) erfolgreich einordnen und behandeln zu können (Expositions–Wirkungsabschätzung). 2. Die Wirkungen auf die Gesundheit sollen in einer zeitlich expositionsnahen dermatologischen Untersuchung (die die Ausbreitung der Hautschäden an der gesamten Haut und den Schleimhäuten unter Berücksichtigung des allergologischen Status erfasst) bei Personen überprüft werden, die häufig mit EPS im Rahmen ihrer beruflichen Tätigkeit in Kontakt kommen. Begleitend dazu sollten solche Personen einen Beschwerde-Fragebogen erhalten. **3.** Die Schlussfolgerungen sollen zur Überprüfung von veröffentlichten Informationen dienen und die Grundlage für fundierte Handlungsanweisungen z.B. im Internet für Ärzte und betroffene Bürger darstellen.	Menschliche Gesundheit	**BMUB,** BMEL	2012-2016	452.000 € (BMUB)	GE
4.	9	**Klimawandel und Verbreitung Krankheitsübertragender Mücken** In dem Projekt sollen die Importwege invasiver Mücken ermittelt sowie deren Etablierung in Deutschland untersucht werden. Ziel ist die Darstellung der aktuellen Situation sowie die Prognose zukünftiger Verbreitungsmuster von krankheitsübertragenden Mücken.	Menschliche Gesundheit	BMEL, BMUB / UBA	2011-2014	Ressortfinanzierung über Ressortforschungsplan BMUB 299.965 €	GE-03
6 Netzwerke und Kooperationen							

4.	10	**Aufbau eines kooperativen bundesweiten Netzwerks zum Informationstransfer sowie Qualitätssicherung und Optimierung bestehender Frühwarnsysteme im Bereich der gesundheitlichen Folgen des Klimawandels** Ziel des Netzwerks sind ein kontinuierlicher und dauerhafter sowohl horizontal als auch vertikal ausgelegter Informationsaustausch zu den gesundheitlichen Gefahren des Klimawandels sowie die schrittweise Optimierung und im Idealfall Harmonisierung bestehender Frühwarnsysteme. Das zu diesem Thema aufgelegte Forschungsvorhaben (FKZ 3712 62 207) ist zum Jahresende 2014 beendet worden. Dem Abschlussbericht von Januar 2015 sind die weiteren Handlungsempfehlungen zu entnehmen.	Menschliche Gesundheit	**BMUB / UBA**	2012-2014	Ressortfinanzierung BMUB 369.722 €	GE
7 Öffentlichkeitsarbeit, Kommunikation, Information (Aufklärung, Handreichungen)							
4.	11	**Warnsysteme vor Schildzecken und durch Schildzecken übertragbare Infektionen** Schildzecken sind in Deutschland weit verbreitet und die bedeutendsten Überträger von Krankheitserregern. Nachweise ihrer Abhängigkeit von makro- und mikroklimatischen Faktoren liegen aus einer Reihe von Projekten vor, eine breitere Übersicht wird das UFOPLAN-Projekt FKZ 3713 40402 geben, das im Frühjahr 2015 abgeschlossen wird. Unter den Schildzeckenarten ist der Gemeine Holzbock Ixodes ricinus als Überträger der FSME, Borreliose u.v.a. von besonderer Bedeutung. In milderen Wintern verlängert er seine Aktivitätsperiode, die Überwinterung von Zecken wird begünstigt. Vorschlag: Warnsysteme sollten zur öffentlichen Aufklärung für den Schutz vor Zeckenbefall und durch Zecken übertragbare Krankheitserreger genutzt werden. In Deutschland stellt www.Zeckenwetter.de Informationen zur Zeckenaktivität kostenfrei für die Öffentlichkeit zur Verfügung. Die Methodik kurzzeitiger Vorhersagen muss anhand langjähriger Zeitreihen validiert werden. Solch ein Warnsystem sollte langfristig unterstützt und gefördert werden, damit das Angebot langfristig und auf verlässlichen Datenmodellen basierend von der Öffentlichkeit genutzt werden kann. Auch andere Wege der Aufklärung über Schutzmaßnahmen müssen verstärkt werden, z.B. eine Handy-App mit Zecken-Informationen, ggf. regionaler Aktivitätseinschätzung anhand von Wetter- und Standortfaktoren sowie aktuellen Infektionsdaten. Handys könnten auch für GPS-basierte Meldungen (und ggf. Fotonachweis) von Zecken genutzt werden. Auf dieser Basis könnten andere Nutzer in der Nähe über Zeckennachweise in der Umgebung erfahren.	Menschliche Gesundheit	**BMUB / UBA**	**2013-2018**	Ressortfinanzierung BMUB	GE-03

4.	12	**Zielgruppenspezifische Information der Bevölkerung (insbes. der vulnerablen Gruppen wie z.B. Senioren)** über die gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels und mögliche präventive und gesundheitsfördernde Maßnahmen.	Menschliche Gesundheit	BMUB / (BMG)		100.000 €	GE
8 Sonstiges							
4.	13	**Prüfung der Potenziale des Instrumentes: Erarbeitung von Hitzeaktionsplänen auf Ebene der Bundesländer, ggf. auf Anregung des Bundes hin** Die Weltgesundheitsorganisation Europa empfiehlt die Einführung von Hitzeaktionsplänen. Eine große Zahl europäischer Länder hat solche Hitzeaktionspläne entwickelt. In Deutschland liegen bisher keine Hitzeaktionspläne vor. Es wird daher angeregt zu prüfen, ob in Deutschland Hitzeaktionspläne durch die Länder erarbeitet werden sollten.-Dabei könnten die Empfehlungen der WHO als Anregung dienen.	Menschliche Gesundheit; Bevölkerungsschutz	**Bundesländer/(BMG)**		kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf	GE-01 GE-02

Kennung Nr. ff.		Titel und kurze Beschreibung des Instrumentes / der Maßnahme	Handlungsfelder	Federführung / beteiligte Partner	Zeitraum	Finanzumfang/ Finanzquelle	adressierte Klimawirkungen (Kürzel siehe Tabelle Klimawirkungen)
Cluster Wirtschaft							
2 Anpassung von Rechtsinstrumenten, technischen Regeln und Normen							
5.	1	**Berücksichtigung von Anpassungsaspekten bei der Novelle der EMAS-Verordnung zum Öko-Audit** Die seit 2010 weltweit geltende EMAS-Verordnung über freiwilligen betrieblichen Umweltschutz enthält eine kontinuierliche Pflicht zur Verbesserung der Umweltleistung der an EMAS teilnehmenden Organisationen und verbindliche Kernindikatoren zur Messung der Umweltleistung, u.a. zu Treibhausgasemissionen, Energie- und Materialeffizienz sowie Wasser, Abfall und Biodiversität. Die EU-Kommission wird 2015 mit den Arbeiten zur Novelle der EMAS-Verordnung beginnen. In diesem Rahmen soll geprüft werden, ob weitere Indikatoren eingeführt werden, die das Management von Klimafolgen betreffen. Eine von UBA in Auftrag gegebene Studie (Juli 2013) soll als Grundlage für diese Überlegungen herangezogen werden.	Industrie und Gewerbe	**BMUB**	2015-2016	kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf	IG
5.	2	**Technische Regel Anlagensicherheit (TRAS):"Vorkehrungen und Maßnahmen wegen der Gefahrenquellen Wind, Schnee- und Eislasten":** Für die Berücksichtigung der Gefahrenquellen Wind, Schnee-- und Eislasten bei Errichtung und Betrieb von Anlagen wurde eine Technische Regel für Anlagensicherheit (TRAS 320) erarbeitet. Für Anlagen in Betriebsbereichen wurde ein Bedeutungsfaktor eingeführt, so dass diese nun gegen hundertjährliche Wind-, Schnee- und Eislasten ausgelegt werden müssen. Die schon im norddeutschen Tiefland bestehende Pflicht zur Auslegung gegen außergewöhnliche Schneelasten wurde auf das gesamte Bundesgebiet ausgeweitet. Für die Überprüfung der Standsicherheit von Anlagen und Anpassung an diese erhöhten Anforderungen werden Fristen empfohlen. Die TRAS 320 ist für Betriebsbereiche, die wegen Art und bedeutender Menge der darin vorhandenen gefährlichen Stoffe der Störfall-Verordnung unterliegen, verbindlich und wird zur Anwendung bei sonstigen genehmigungsbedürftigen Anlagen empfohlen.	handlungsfeldübergreifend	**BMUB/ UBA,** Kommission für Anlagensicherheit (KAS)	2015	kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf	BAU-03 EW-06 IG-02

5 Forschung / Monitoring							
5.	3	**Grundlagenforschung zur notwendigen Anpassung der Schiffskörper, insbesondere bei Zunahme von Niedrigwasserperioden.** **Entwicklung eines Standards für optimale Schiffe auf der Oberweser im Hinblick auf die Problematik der Klimaänderung.** Das sich künftig entwickelnde Abflussregime soll in Hinblick auf die Auswirkung auf die Dauer und Länge der Niedrigwasserperioden untersucht werden. Mit den am Markt befindlichen Schiffen ist es bereits jetzt nur unzureichend möglich die Oberweser ganzjährig wirtschaftlich zu befahren. Die ansässigen Firmen bemühen sich seit Jahren um die Konzeption und Produktion von flachgehenden Binnenschiffen und leisteten dabei bereits Entwicklungsarbeit in einem erheblichen Umfang, da Standards und Grundlagen fehlen. Die aus dem Klimawandel resultierenden Veränderungen werden zukünftig die Anforderungen an die Abmessungen und Form der auf der Oberweser einzusetzenden Schiffskörper bestimmen. Mit der Untersuchung sollen, im Rahmen einer Grundlagenforschung, Standards für neue - flachgehende, wellenstabile - Schiffskörper und die dazu ggf. notwendigen neuen Materialien entwickelt werden, die den Schifffahrtstreibenden die Möglichkeit gibt ihre Flotte wirtschaftlich an die sich entwickelnden Fahrrinnenverhältnisse anzupassen.	handlungsfeld-übergreifend	**BMVI / GWDS, BAW, WSÄ Minden, Hann.-Münden**	2016-2020	Ressortfinanzierung 520.000 €	VE-04 IG-04 IG-09

7 Öffentlichkeitsarbeit, Kommunikation, Information (Aufklärung, Handreichungen)							
5.	4	**Finanz-Forum: Klimawandel:** Die Kooperation mit dem Finanz-Forum: Klimawandel im Verein für Umweltmanagement und Nachhaltigkeit in Finanzinstituten e.V. (VfU) stellt eine wichtige Dialogplattform zwischen Finanzwirtschaft, Klimapolitik und Klimaforschung im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung dar. In gemeinsam durch BMBF und Finanzwirtschaft aufgelegten Forschungsvorhaben sollen Bewertung der Nachhaltigkeit von Finanzprodukten, Projekten und (Finanzierung suchender) Unternehmen erleichtert, Kriterien für neue nachhaltigkeitsorientierter Finanz- und Versicherungsprodukte entwickelt und der Dialog zwischen Finanzwirtschaft und Nachhaltigkeitsforschung intensiviert werden, um notwendige Investitionen in Anpassung und Klimaschutz zu mobilisieren und die ordnungspolitische Rahmenbedingungen zur Finanzierung einer Green Economy mitzugestalten.	Finanzwirtschaft, Versicherungswirtschaft	BMBF, Finanz-Forum Klimawandel, PT-DLR	2016 - 2018	BMBF / Finanzwirtschaft	FiW
8 Sonstiges							
5.	5	**Elementarschadensversicherung** Der Bund prüft die Möglichkeiten mit Kampagnen zur Verbreitung von Elementarschadensversicherungen beizutragen.	Finanzwirtschaft, Versicherungswirtschaft Industrie und Gewerbe	**BMJ,** BMUB		200.000 €	FiW-01
5.	6	**Verbindliche Einbeziehung von Klima- und extremwetterelevanten Grundlagendaten und Faktoren in die Risikobetrachtung in Finanzdienstleistungsunternehmen:** Gemäß den Vorgaben in delegierten Rechtsakten zur Solvency II Richtlinie wird u.a. eine standardisierte Verwendung von Szenario-Modellen verpflichtend, die Klima-Risiken erfassen. Diese Modelle bauen i.d.R. auf Daten auf, die die Versicherungswirtschaft weltweit bereits seit 1977 gemeinsam erfasst (vgl. www.cresta.org).	Finanzwirtschaft, Versicherungswirtschaft	BMF	ab 2016	kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf	FiW

Kennung Nr. ff.		Titel und kurze Beschreibung des Instrumentes / der Maßnahme	Handlungsfelder	Federführung / beteiligte Partner	Zeitraum	Finanzumfang /Finanzquelle
Cluster Raumplanung und Bevölkerungsschutz						
2 Anpassung von Rechtsinstrumenten, technischen Regeln und Normen						
6.	1	**Prüfauftrag: Möglichkeiten zur Flexibilisierung der Planungsziele in der Raumordnung und Flächennutzungsplanung** Diskussion weitergehender Flexibilisierungsoptionen einschl. rechtlicher Fragen in der Ministerkonferenz für Raumordnung erforderlich, da die Raumordnung der Länder die Bestimmungen des Raumordnungsgesetzes jeweils (auch unterschiedlich) konkretisiert und umsetzt. Bisherige Möglichkeiten des Raumordnungsgesetzes bezogen auf Raumordnungspläne sind Ausnahmen von Zielen, Zielabweichungsverfahren, Teilfortschreibung von Raumordnungsplänen und Befristungen von Zielen.	Raum-, Regional- und Bauleitplanung	**BMVI (Raumordnung), BMUB (Flächennutzungsplanung)**	2015-2016	2015 Finanzierung bereits gesichert
3 Bildung, Ausbildung						
6.	2	**Integration des Themas ‚Klimawandel' bzw. ‚Anpassung an den Klimawandel' in Lehrveranstaltungen der Akademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz (AKNZ) des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe:** Auswirkungen des Klimawandels, z.B. Hintergrundinformation zu Erkenntnissen der Klimaforschung und dessen Folgen für den Bevölkerungsschutz (z.B. veränderte Szenarien, Auswirkungen auf Kritische Infrastrukturen) werden fallbezogen in die Ausbildungsveranstaltungen der AKNZ integriert.	Bevölkerungsschutz inkl. Katastrophenhilfe	BMI / BBK		Finanzierung ist aus Haushaltsmitteln des BBK sichergestellt
5 Forschung / Monitoring						
6.	3	**Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz (z.B. Extreme Schmelzhochwasser aus den Mittelgebirgen, Wintersturm) Nutzung von Synergieeffekten bezüglich der Ergebnisse; Durchführung der Risikoanalyse auf Bundesebene erfolgt nach gesetzlichem Auftrag (§ 18 Abs. 1 ZSKG); derzeit keine zusätzlichen Kosten**	Bevölkerungs-schutz inkl. Katastrophen-hilfe	**BMI/BBK**	Fortlaufend	kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf
6.	4	**Vorlaufforschung zur Anpassung der Planungsgrundsätze bei Planung und Betrieb von Anlagen zur Trinkwasser-Notversorgung:** Im Zuge der Fortschreibung des Regelwerkes zum Wassersicherstellungsgesetz als Vorgabe für die Länder bei der Planung und dem Betrieb von Anlagen zur Trinkwassernotversorgung sollen die Planungsgrundsätze neu festgesetzt werden. Dazu ist die Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf Anlagen der Trinkwasser-Notversorgung in Deutschland durch sich verändernde Klimabedingungen unter besonderer Berücksichtigung von Extremwetterereignissen (Starkregenereignisse, Überflutungen, extreme Trockenperioden) erforderlich.	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Meeresschutz Bevölkerungs-schutz inkl. Katastrophen-hilfe	**BMI / BBK**		Finanzierung aus Haushaltmitteln des BBK sichergestellt

6 Netzwerke und Kooperationen						
6.	5	**Fortführung der 'Strategischen Behördenallianz Anpassung an den Klimawandel'** Wesentliche Zielsetzung der Zusammenarbeit ist die Verbesserung des gesellschaftlichen Umgangs mit den Folgen des Klimawandels, insbesondere mit Extremwetterereignissen – von der langfristigen, strategischen Planung bis hin zu kurzfristigen, operativen Maßnahmen. In der DAS wurden "Bevölkerungsschutz inklusive Katastrophenvorsorge" sowie "Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung" als Querschnittsthemen hervorgehoben.	handlungsfeld-übergreifend	BBK, BBSR, DWD, THW, UBA	fortlaufend seit 2007	kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf
7 Öffentlichkeitsarbeit, Kommunikation, Information (Aufklärung, Handreichungen)						
6.	6	**Weiterentwicklung der Leitbilder und Handlungsstrategien für die Raumentwicklung vor dem Hintergrund des Klimawandels** Die Ministerkonferenz für Raumordnung diskutiert derzeit den Entwurf weiterentwickelter "Leitbilder und Handlungsstrategien für die Raumentwicklung in Deutschland". Darin sollen u.a. auch die räumlichen Herausforderungen des Klimawandels berücksichtigt werden. Kern ist eine Doppelstrategie der Vorsorge und der Anpassung an die Auswirkungen.	Raum,- Regional- und Bauleitplanung	**BMVI**	2013-2015	muss bereits finanziert sein
6.	7	**Integration von Risiko- und Gefahrenkarten in die Raumordnung** Abschluss des MORO "Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung" mit Ansatz für ein integriertes Risikomanagement am Beispiel der Planungsregion Köln; Bestimmung von raumplanerisch relevanten Risiken durch Etablierung regional spezifischer Indikatoren und Schwellenwerte einschl. Kartografie für die Risikobeurteilung; Empfehlungen an die Regionalplanung in Form eines Leitfadens; Erweiterung des MORO auf weitere Modellregionen zur Umsetzung und Anwendung in der Regionalplanung.	Raum-, Regional- und Bauleitplanung	**BMVI / BBSR**	2014-2017	Ressortfinanzierung 300.000 €
6.	8	**Klimaresilienter Stadtumbau – Bilanz und Transfer von Ergebnissen des Forschungsfeldes StadtKlimaExWoSt** Im Forschungsprojekt „Klimaresilienter Stadtumbau – Bilanz und Transfer von Ergebnissen des Forschungsfeldes StadtKlimaExWoSt“ wird eine Arbeitshilfe für den Stadtumbau entwickelt, um die konkrete Anpassung an den Klimawandel in den Kommunen zu unterstützen. Dazu werden Ergebnisse des StadtKlimaExWoSt zur Anpassung an den Klimawandel und die Umsetzung der Anpassung in den Kommunen bilanziert. Es werden entscheidende Bestandteile der kommunalen Umsetzungsprozesse untersucht und Erfolgsfaktoren identifiziert. Dies geschieht u.a. im Rahmen von Fallstudien und Workshops. Auf Basis der Ergebnisse wird eine Arbeitshilfe erarbeitet, Welche die Integration der Klimaanpassung in den Planungsalltag stärken und verstetigen soll. Zusätzlich soll ein Kurzbeitrag für den Fortschrittsbericht des Aktionsplans Anpassung erstellt werden.	Menschliche Gesundheit Bauwesen Raum-, Regional- und Bauleitplanung	**BMUB**	2014-2016	ExWoSt-Vorhaben 89.369 €

6.	9	**MORO-Forschungsprojekt "Klimawandelgerechter Regionalplan"**Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung einer praxiserprobten Handlungshilfe zur Erstellung eines klimawandelgerechten Regionalplans. Dazu sollen vorhandene Erkenntnisse und Vorgaben, insbes. aus den KlimaMORO-Modellvorhaben, sowie neue Anforderungen an die Raumplanung der Länder (Landesplanung) für einen klimawandelgerechten Regionalplan über alle MKRO-Handlungsfelder aufbereitet werden. Ein Instrumentenbaukasten und Instrumentensteckbriefe sollen die spezifischen Erfordernisse der Regionalplanung in unterschiedlichen Teilräumen des Bundes bei der konkreten Erprobung und Umsetzung regionalplanerischer Festsetzungen für eine klimagerechte Raumentwicklung unterstützen. Im Rahmen von Praxistests sollen in drei Regionen mit einem in Aufstellung befindlichen Regionalplan praxistaugliche Empfehlungen abgeleitet werden.	Raum-, Regional- und Bauleitplanung	**BMVI** / BBSR / BBR	2014-2016	Ressortfinanzierung 160.000 €
6.	10	**Ergebnistransfer KlimaMORO in die breite Praxis - Forschungsprojekt "Regionen im Klimawandel aktiv unterstützen - Transfer KlimaMORO"** Im Forschungsprojekt werden Ergebnisse des Forschungsfeldes der Raumentwicklung "KlimaMORO" Phase I und II zur Anpassung an den Klimawandel und deren Umsetzung in den Regionen bilanziert. Zentraler Bestandteil sind Regionsforen, auf denen Erkenntnisse unter Vertretern der Regionen ausgetauscht und weiterentwickelt werden. Ferner erfolgt ein Praxistest vorhandener Produkte zur Klimaanpassung. In einem Beratungsmodul lernen Praktiker die Anwendung ausgewählter Handlungshilfen kennen. Es werden regionale Umsetzungsprozesse im Rahmen von Fallstudien und Workshops untersucht. Auf dieser Basis werden Empfehlungen ausgearbeitet, die der Integration der Klimaanpassung in den Planungsalltag dienen. Zusätzlich ist ein Kurzbeitrag für den Fortschrittsbericht des APA zu erstellen.	Raum-, Regional- und Bauleitplanung	**BMVI** / BBSR / BBR	2015-2017	Ressortfinanzierung 195. 000 €
6.	11	**Ermittlung des Selbstschutz- und Selbsthilfepotenzials in Städten und Gemeinden** mittels einer Abfrage zu Sachstand und Aufgabenwahrnehmung sowie zu Vorschlägen der Gemeinden zur Ausgestaltung der Unterstützung des Bundes. Ziel dieser Erhebung ist es, empirisch belastbares Material als Grundlage zur weiteren Ausgestaltung der Thematik zu erhalten und einen entsprechenden Leitfaden für Kommunen zu erstellen.	handlungsfeld-übergreifend	BMI / BBK		Finanzierung ist aus Haushaltsmitteln des BBK sichergestellt

8 Sonstiges						
6.	12	**Modellvorhaben zur Integration von Klimawandel in die Raum-, Regional- und Bauleitplanung** Zur Integration von Klimawandelaspekten in die Raum-, Regional- und Bauleitplanung sollten weiterhin Modellvorhaben durchgeführt werden (vgl. insbesondere E2 neu: „Nachhaltige Ausgestaltung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen unter Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels“, N2 „Entwicklung von Leitbildern der räumlichen Gesamtplanung...“, N8 „Nutzung der kommunalen Landschaftsplanung zur Sicherung der Frisch- und Kaltluftversorgung in Siedlungsgebieten“ und N11 „Erstellung integrierter räumlicher Planungen“). Ein wichtiges Thema bleiben z.B. klimarelevante Vorbehaltsgebiete und Grünzüge auf regionaler und überregionaler Ebene. Mehrfach wurde betont, dass es nicht bei Modellvorhaben bleiben darf, sondern konkrete Umsetzungen durchgeführt und davon ausgehend Leitlinien o.ä. erarbeitet werden sollten.	Raum,- Regional- und Bauleitplanung	**BMUB / BfN, BBSR**		Offen

Kennung Nr. ff.		Titel und kurze Beschreibung des Instrumentes / der Maßnahme	Handlungsfelder	Federführung / beteiligte Partner	Zeitraum	Finanzumfang/ Finanzquelle
Cluster - In allen Handlungsfeldern übergreifend wirksame Maßnahmen						
2 Anpassung von Rechtsinstrumenten, technischen Regeln und Normen						
7.	1	**Überprüfung bestehender technischer Regelwerke und Normen im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels:** Dialog/Stakeholder-Prozess Das Deutsche Institut für Normung (DIN) hat seit 2012 über die Koordinierungsstelle Umweltschutz den Arbeitskreis Anpassung an den Klimawandel eingerichtet (DIN KU-AK 4). Das Ziel ist die bessere Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels in Normen. In 2015 wurde eine DIN SPEC zum Umgang mit Unsicherheiten erarbeitet. Eine Umfrage im DIN identifiziert Handlungsbedarf vor allem bei Ökosystemen sowie bei Anlagen und Einrichtungen, die besonders den Witterungseinflüssen ausgesetzt sind. In 2016 beginnt die Zusammenarbeit mit ausgewählten Normungsausschüssen zur pilothaften Implementierung der Klimaanpassung. Weiterhin spiegeln die Gremien des DIN und der DKE das europäische Normungsmandat (CEN, CENELC) auf nationaler Ebene und unterstützen aktiv die Umsetzung.	handlungsfeld-übergreifend	**BMWi,** BMUB	2016ff	kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf; Normungsprozess ist fortlaufend und finanziert
4 Finanzierungs- oder Anreizinstrumente						
7.	2	**DAS Förderprogramm Anpassung** Stärkung der Fähigkeit regionaler oder lokaler Akteure zur Anpassung an Folgen des Klimawandels 1) Anreiz für Unternehmen zur Erstellung von Anpassungskonzepten, 2) Förderung von Bildungsangeboten im Bereich der Anpassung an die Folgen des Klimawandels, 3) Förderung kommunaler Leuchtturmvorhaben sowie interkommunaler oder regionaler Verbünde beim Aufbau von Kooperationen, der Erstellung von Konzepten und deren pilothafte Umsetzung zur Anpassung an den Klimawandel.	handlungsfeld-übergreifend	**BMUB**	Daueraufgabe	Ansatz im BMUB-HH: 4 Mio. € p. a. Ansatz im EKF: 2015 = 4,9 Mio. €, 2016 & 2017 = 5,03 Mio. € p.a.; 2018 = 5,6 Mio. €

5 Forschung / Monitoring						
7.	3	**ReKliEs-De, Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland:** Mit dem Ziel belastbare Daten und Informationen zum künftigen regionalen Klima bereitzustellen und Unsicherheiten zu minimieren sollen im Projekt ReKliEs-De Simulationen systematisch für Deutschland (inklusive der nach Deutschland entwässernden Flusseinzugsgebiete) ausgewertet und erweitert werden. Das Projektziel ist die Ableitung robuster Informationen über die Bandbreiten und möglicher Extreme der zukünftigen Klimaänderung in Deutschland, insbesondere zur Untersuchung von Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen sowie die Politikberatung.	handlungsfeld-übergreifend	**BMBF**	2014-2017	Ressort-finanzierung 3 Mio. €
7.	4	**JPI Climate:** Gemeinsam mit 13 anderen europäischen Partnerländern und der EU-Kommission wird die gemeinsame Programmplanungsinitiative "JPI Climate" ein Forschungsprogramm zu “Climate Services” auflegen. Es ist darauf angelegt, ein besseres Management der Risiken und Chancen von Klimawandel und Variabilität zu ermöglichen und praktisch wirksame Lösungen für den kompetenten Umgang mit dem komplexen und breit gefächerten Wissen zum Klimawandel zu schaffen. Klimainformationen werden so aufbereitet oder spezifisch generiert, dass sie im Zusammenhang mit anderen entscheidungsrelevanten Faktoren analysiert und konkrete Grundlage für Planungs-, Investitions- und Politikprozesse liefern können.	handlungsfeld-übergreifend	**BMBF**	2017 - 2020	Ressort-finanzierung 75 Mio. € / 8. Mio. € BMBF / 6,5 Mio. € HGF
7.	5	**Verstetigung von Kernprodukten der DAS** Folgende Kernprodukte sind im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung und Umsetzung der DAS unverzichtbare Bestandteile: 1. Vulnerabilitätsanalysen für Deutschland 2. Aktionspläne zur Anpassung an den Klimawandel 3. Monitoring- und Evaluationsberichte zur DAS Die Verstetigung dieser handlungsfeldübergreifenden Kernprodukte als Daueraufgaben wird abgesichert. Im Auftrag der IMA erfolgt die Erstellung eines Monitoringberichtes alle 4 Jahre, einer Vulnerabilitätsanalyse alle 5 Jahre und eines Aktionsplanes inkl. entsprechender Evaluationen alle 3 Jahre. Die Aktualisierung der Kernprodukte wird fachlich durch KomPass im Umweltbundesamt koordiniert und organisiert. An der Aktualisierung der Kernprodukte arbeiten je nach fachlicher Zuständigkeit die Bundesministerien und ihre zugeordneten wissenschaftlichen Behörden mit, es fließen Daten und (Vor-)Produkte aus den einzelnen Bundesressorts ein. Diese Produkte werden auch wesentliche Beiträge für die Dienste zur Anpassung (KlimAdapt) (zum institutionellen Rahmen siehe Maßnahme 7.8).	handlungsfeld-übergreifend	**BMUB/UBA**	Daueraufgabe	laufende Ressortfinanzierung

7.	6	**"Ökonomie des Klimawandels":** In Forschungsvorhaben werden Modelle und handlungsorientierte Konzepte für ein kohlenstoffarmes Wachstum sowie Anpassungsmodelle und -maßnahmen erarbeitet. Dies erfolgt primär mit einer volks- und gesamtwirtschaftlichen Perspektive. Die Ergebnisse erlauben eine solidere Abschätzung von Kosten, Risiken und Chancen. Berücksichtigt wird hier sowohl die nationale wie auch die internationaler Ebene.	handlungsfeld-übergreifend	BMBF	2017 - 2020	Ressortfinanzierung 18 Mio. Euro / BMBF
7.	7	**Klimaresilienz durch Handeln in Stadt und Region: Mit transdisziplinärer Forschung zu Klimaresilienz im Rahmen der BMBF FONA Leitinitiative Zukunftsstadt** Ziel der Fördermaßnahme ist es, durch transdisziplinäre Forschung zur Bewältigung der Herausforderungen des Klimawandels in Städten und Regionen beizutragen. Die Maßnahme zielt auf Klimaanpassung, im Sinne eines Mehrfachnutzens sollen die geförderten Projekte aber darüber hinaus Beiträge zu Klimaschutz und/oder weiteren Handlungsfeldern der nachhaltigen Entwicklung liefern. Der transdisziplinäre Ansatz sorgt dafür, dass wissenschaftlicher Fortschritt und der Aufbau praktischer Handlungskapazitäten Hand in Hand gehen. Konkret wird nicht nur die Entwicklung von Konzepten erwartet sondern auch deren praktische Erprobung und ein Erkenntnisfortschritt in Bezug auf die Treiber, Hindernisse und Wirkungen von Umsetzungsprozessen. Die gewonnen Ergebnisse sollen dabei nicht nur den jeweiligen Regionen und Handlungsfeldern dienen. Vielmehr sind der Modellcharakter und die Übertragbarkeit wesentliche Merkmale der angestrebten Ergebnisse. Ein wissenschaftliches Begleitvorhaben soll zum Transfer und zur Synthese der Ergebnisse beitragen.	handlungsfeld-übergreifend	BMBF	2016-2021	Ressortfinanzierung 40 Mio. Euro / BMBF
7.	8	**Einrichtung des Systems von Diensten zur Anpassung an den Klimawandel (KlimAdapt):** Als Baustein eines Gesamtangebotes des Bundes zur Klimawandelanpassung wird KlimAdapt mit einer Geschäftsstelle beim Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) im Umweltbundesamt eingerichtet. Das Ziel des KlimAdapt besteht in der Bündelung, Aufbereitung und Bereitstellung von Produkten, Leistungen und Bewertungen die der Identifikation und Umsetzung von Klimawandelanpassung und der Weiterentwicklung der DAS dienen. Über die Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie erfolgt die Anbindung an die Deutsche Strategie zur Anpassung an den Klimawandel (DAS). In die Produkte, Leistungen und Bewertungen-fließen die vom DKD bereitgestellten Klimainformationen und -dienste ein.	handlungsfeld-übergreifend	**BMUB/UBA**	Daueraufgabe	Ressortfinanzierung

7.	9	**Forschungsprojekt "Erstellung einer dekadischen radargestützten hoch auflösenden Niederschlagsklimatologie für Deutschland zur Auswertung der rezenten Änderungen des Extremverhaltens von Niederschlag" (Kurztitel: "Radarklimatologie")** Ziele sind: verbesserte räumliche Erfassung von Vorkommen und Veränderung des Auftretens kurzlebiger (konvektiver) Extremniederschläge in Deutschland; Erstellung einer Referenz für die Evaluierung von Klimamodellsimulationen bzgl. extremer Niederschläge; Konkretisierung des Schadenspotentials; Schaffung von Planungsgrundlagen.	Handlungsfeldübergreifend insbesondere: Bevölkerungsschutz, Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung	**BBK**, BBSR, DWD, THW, UBA (Strategische Behördenallianz)	2014-2016	Haushalte der beteiligten Behörden
7.	10	**Stadtklima im Wandel - Entwicklung eines neuen leistungsstarken Stadtklimamodells**Die geplante Fördermaßnahme hat zum Ziel, ein Stadtklimamodell zu entwickeln, welches in der Lage ist, alle relevanten stadtklimatischen Prozesse zu erfassen. Dieses Modell soll sich von den bisher verfügbaren Stadtklimamodellen deutlich unterscheiden. Gegenwärtige Modelle sind zurzeit hochspezialisiert und erfassen nur ausgewählte Parameter, wie z. B. Wind oder vereinzelt Luftschadstoffe. Daneben existiert aktuell kein Modell, welches in der Lage ist, eine Stadt mit der Fläche beispielsweise von Berlin komplett zu erfassen.Das neue Modell soll ermöglichen, stadtklimatologische Zusammenhänge zu erkennen und diese auf eine nachhaltige Stadtplanung anzuwenden. Daneben könnten Aussagen getroffen werden, welchen klimatologischen Einfluss ein Ballungsraum auf seine Region hat.	handlungsfeld-übergreifend	BMBF	ab 2016	Ressortfinanzierung 9 Mio € (BMBF)
7.	11	**Entwicklung eines neuen innovativen Globalen Klimamodells in einer Auflösung bis 100 Meter** Fördermaßnahme HD(CP)2 - High Definition of Cloud and Precipitation in Climate Projection: Entwicklung eines neuen Globalen Klimamodells mit dem Ziel, ein innovatives neues Modell zu entwickeln, mit dem Wolkenbildungsprozesse und in Verbindung damit Niederschlagsentstehung und Niederschlagsprozesse physikalisch modelliert und simuliert werden können. Dadurch können die Unsicherheiten besonders bei der sehr schwer zu simulierenden Klimavariable Niederschlag um bis zu 50 % gegenüber aktuellen Klimasimulationen gesenkt werden. Dies wird den Umgang mit dem Klimawandel und insbesondere auch der Anpassung an die damit verbundenen Wetterextreme weiterentwickeln. Damit werden verlässlichere Maßnahmen zum Schutz des Klimas, Abschätzung der Folgen des Klimawandels, und nötige Konsequenzen für Minderung und Anpassung durch die solide wissenschaftliche Basis möglich gemacht. Der Förderschwerpunkt geht ab 2015 in eine zweite Phase.	handlungsfeld-übergreifend	BMBF	2012 ff	Ressortfinanzierung 13 Mio € (BMBF)

7.	12	**Mittelfristige Klimaprognose (MiKlip):** Weiterentwicklung eines Modellsystems mit dem Ziel, zuverlässige Prognosen auf Zeitskalen von bis zu 10 Jahren für das Klima einschließlich dessen Extrema unter dem Einfluss von natürlichen Klimaschwankungen und anthropogener Klimaveränderung für Mitteleuropa zu erstellen. Diese Zeitskalen spielen eine wichtige Rolle bei Planungsprozessen, speziell in der Wirtschaft. Die Entwicklung geht 2015 in eine 2. Phase.	handlungsfeld-übergreifend	BMBF	2015-2018	Ressortfinanzierung 13 Mio € (BMBF)
7.	13	**Prüfung der Potentiale für eine systematische Berücksichtigung von Anpassungsfragen bei relevanten Vorhaben, Plänen und Programmen (Climate Proofing).** Dabei kann Climate Proofing sowohl im Sinne eines Prüfverfahrens verstanden werden als auch als generelle Strategie zur Sicherung von bestehenden Systemen (z. B. Infrastrukturen) oder als zukunftsorientierte Investition gegen die Folgen des Klimawandels.	handlungsfeld-übergreifend	**BMUB**		160.000 € Ressortforschung
6 Netzwerke und Kooperationen						
7.	14	**Einrichtung des Deutschen Klimadienstes (DKD)** Als Baustein eines Gesamtangebotes des Bundes zur Klimawandelanpassung wird der Deutsche Klimadienste (DKD) mit einer Geschäftsstelle beim Deutschen Wetterdienst (DWD) eingerichtet. Der DKD ist die nationale Umsetzung des globalen Rahmenwerks für Klimadienste (Global Framework for Climate Services, GFCS) und dient als Schnittstelle zum internationalen GFCS. Durch den Aufbau eines Deutschen Klimadienstes (DKD) soll sichergestellt werden, dass die Bereitstellung von Klimainformationen und Klimadienstleistungen auf nationaler Ebene wissenschaftlich korrekt, nutzergerecht, kohärent und verlässlich erfolgt, Doppelarbeit vermieden wird, und die begrenzten Ressourcen bestmöglich genutzt werden. Über die Interministerielle Arbeitsgruppe zur Anpassungsstrategie (IMAA) erfolgt die Anbindung an die Deutsche Strategie zur Anpassung an den Klimawandel (DAS) sowie den dazugehörigen Aktionsplänen Anpassung (APA). Im DKD sollen auch andere Aktivitäten auf Bundes- und Länderebene eingebunden werden. Die im DKD zusammengeschlossenen Partner stellen die zur Umsetzung der DAS und abgeleiteter Aktionspläne benötigten Klimainformationen und –dienstleistungen bereit. Unter einem Klimadienst wird die regelmäßige und verlässliche Bereitstellung von wissenschaftsbasierten und objektiven Informationen über das Klimasystem aus Vergangenheit, Gegenwart oder Zukunft verstanden. Diese können allgemein gehalten oder für spezifische Nutzergruppen und/ oder Sektoren speziell aufbereitet sein. Sie zielen auf die Unterstützung von Entscheidungsprozessen von Individuen oder Organisationen ab.	handlungsfeld-übergreifend	**DWD**/BMVI, BMUB	ab 2015	DWD Haushalt

7 Öffentlichkeitsarbeit, Kommunikation, Information (Aufklärung, Handreichungen)						
7.	15	**Aufbau eines Web-Portals als nationales Informations-, Kommunikations- und Kooperationssystems zur Unterstützung der Anpassung an den Klimawandel in Deutschland**	handlungsfeld-übergreifend	**BMUB / UBA**	Daueraufgabe	Ressortfinanzierung
7.	16	**Deutsches Klimaportal** Das Deutsche Klimaportal unterstützt die konsequente deutschlandweite Vernetzung von Klimadienstleistern und Nutzern von Klimainformationen. Es stellt ein wesentliches Element der nationalen Umsetzung des Globalen Rahmenwerks für Klimaservices (Global Framework for Climate Services, GFCS) in Deutschland dar. Das Deutsche Klimaportal erlaubt den Zugang zu partnerschaftlich gebündelter Klimakompetenz in Deutschland. Es ist speziell auf deutsche Strukturen zugeschnitten und bedient Bundesländer ebenso wie die in der deutschen Anpassungsstrategie identifizierten Sektoren mit maßgeschneiderten Services.	handlungsfeld-übergreifend	**DWD** verschiedene Institutionen und Behörden, vollständige Liste unter www.deutschesklimaportal.de	seit 2012 Daueraufgabe	DWD Haushalt
7.	17	**Regionaler Klimaatlas HGF (Helmholtz Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren)** informiert über mögliche Veränderungen auf regionaler Ebene durch den Klimawandel . Seit Feb. 2010 sind unter www.regionaler- klimaatlas.de zukünftige Klimaszenarien für die deutschen Bundesländer öffentlich abrufbar. Der Nutzer kann dabei verschiedene Klimaelemente wie beispielsweise Temperatur, Niederschlag und Wind auswählen und sich mögliche künftige Änderungen zu unterschiedlichen Jahreszeiten in verschiedenen Bundesländern anzeigen lassen.	handlungsfeld-übergreifend	**BMBF / HGF**	fortlaufend	BMBF / HGF
7.	18	**Klimanavigator:** Zusammen mit Partnerorganisationen (z.B. DKK) hat das Climate Service Center den Klimanavigator entwickelt: ein nationales Webportal mit Lotsenfunktion zu Klima- und Umweltinformationen in Deutschland. Dieses Portal bündelt und weist den Weg zu dem in der Wissenschaft vorhandenen Klimawissen und Wissen zu Anpassungsoptionen, bzw. zu den jeweils einschlägigen Organisationen und Einrichtungen. www.klimanavigator.de	handlungsfeld-übergreifend	BMBF / HGF gemeinsam mit vielen einschlägigen Einrichtungen	fortlaufend	BMBF / HGF

7.	19	**DAS-Handlungsfeld übergreifende Datenbereitstellung und Beratung zur Anpassung an den Klimawandel** Der Deutsche Wetterdienst (DWD) ist der für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland zuständige nationale Wetterdienst. Er betreibt in dieser Funktion die nationale meteorologische Infrastruktur zur Erzeugung wetterdienstlicher Daten und Produkte. Mit seinen Wetter- und Klimainformationen ist er im Rahmen der Daseinsvorsorge tätig. Das bodengestützte Stationsmeßnetz des DWD in Deutschland stellt die klimatologischen Basisdaten für die nationale Klimaberatung bereit. Ein Verbundmessnetz mit 17 Wetterradaranlagen erfasst den Niederschlag in Deutschland flächendeckend. Satellitendaten ergänzen die bodengebundenen Messungen. Diese Daten bilden die Grundlage für Handlungsfeld-spezifische Auswertungen zu Klimaindikatoren wie Extremniederschlag oder heiße Tage. In enger Abstimmung mit seinen Kunden erstellt der Deutsche Wetterdienst Klimainformationen für die Planung von Anpassungsmassnahmen vor dem Hintergrund von Klimavariabilität und Klimawandel, entwickelt diese weiter und bietet eine nutzerspezifische Fachberatung. Dies geschieht u.a. auf der Basis von sogenannten Wirkmodellen. Diese ermöglichen Aussagen für die Handlungsfelder Menschliche Gesundheit (z.B. bzgl. Hitzebelastung, Pollenflug, UV-Belastung), Stadtentwicklung, Landwirtschaft, Bevölkerungsschutz, Boden, Wald- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft. Weitere DAS Handlungsfelder, die durch DWD Leistungen unterstützt werden, sind das Bauwesen, Verkehr, Raum- und Regionalentwicklung, Küstenschutz, und Tourismus. (Weitergehende Services und deren Weiterentwicklung siehe Maßnahme 5.15)	Handlungsfeld-übergreifend	DWD	Daueraufgabe	DWD Haushalt

7.	20	**Weiterentwicklung bestehender operationeller Leistungen durch Einrichtung eines dauerhaften ressortübergreifenden Klima-, Extremwetter- und Gewässer-Vorhersage- und -Projektionsangebotes bei DWD, BfG, BSH, BAW** Ziel ist die routinemäßige, operationelle Bereitstellung von bislang nicht vorhandenen staatlichen Klima-, Extremwettervorhersage- und Gewässer-Projektionsdaten für nahtlose Vorhersagen/-Klimaprojektionen (seamless prediction), die alle Handlungsfelder als zukünftige Grundlage benötigen.Die in den BMVI-Behörden bereits bestehenden operationellen Einheiten haben mit ihren Mandaten, Messnetzen und Werkzeugen für diese Weiterentwicklung ein Alleinstellungsmerkmal und können somit den benötigten ressortübergreifenden Bedarf zur Klima-Anpassung mit hohen Synergien für alle Handlungsfelder abdecken. Die Erzeugung dieses neuen, zukunftsgerichteten und dauerhaft benötigten Datenangebot ist eine wesentliche Grundlage, die zahlreichen nationalen Dienstleistern (z.B. dem Deutschen Klimadienst -DKD, siehe 6.9) für Climate Services fortlaufend zur Verfügung gestellt werden muss. Nur damit können Anpassungsoptionen und –entscheidungen kosteneffizient auf einer einheitlichen Basis abgeleitet werden. BMVI wird dazu mit seinen Behörden ein Konzept vorlegen.Der vorgeschlagene Service beinhaltet die Anwendung und Weiterentwicklung von Instrumenten in den Oberbehörden des BMVI zur Prozessierung von Klimaszenarien mithilfe eines Ensembles von Simulations- und Wirkmodellen für Deutschland bzw. alle Verkehrsträger und für Bedarfe der Handlungsfelder der DAS (erkennbar aus den Wirkungsketten der Vulnerabilität).Er beinhaltet ferner die Erstellung von maritimen Klimatologien und regionalen Multimodell-Klimaprojektionen, Jahreszeitenvorhersagen und dekadischen Szenarien zur Klimaentwicklung, mit einer Koppelung von regionalen Atmosphären- und Ozeanmodellen und die (Weiter-) Entwicklung abgeleiteter Projektionsdienste im Anschluss an jeweils aktuellste globale Klimaprojektionen für Abfluss- und Wasserstand, Seegang/ Tidekennwerte, Meeresspiegelanstieg, ökologischen und chemischen Zustand der Gewässer, Morphologie, Sedimenttransport.	handlungsfeld-übergreifend	**BMVI** / DWD, BfG; BSH, BAW	ab 2017 Daueraufgabe	offen

Satz: Satzweiss.com Print, Web, Software GmbH, Mainzer Straße 116, 66121 Saarbrücken, www.satzweiss.com
Druck: Printsystem GmbH, Schafwäsche 1-3, 71296 Heimsheim, www.printsystem.de
Vertrieb: Bundesanzeiger Verlag GmbH, Postfach 10 05 34, 50445 Köln, Telefon (02 21) 97 66 83 40, Fax (02 21) 97 66 83 44, www.betrifft-gesetze.de
ISSN 0722-8333