



# Monitoringbericht 2015

zur Deutschen Anpassungsstrategie  
an den Klimawandel

Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe  
Anpassungsstrategie der Bundesregierung

**Umwelt**   
**Bundesamt**

**KomPass**   
Kompetenzzentrum  
Klimafolgen und Anpassung

# Impressum

## Herausgeber:

Umweltbundesamt  
Postfach 14 06  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
info@umweltbundesamt.de  
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de  
 /umweltbundesamt

## Editoren:

Konstanze Schönthaler und Stefan von Andrian-Werburg  
(Bosch & Partner GmbH)  
Petra van R  th (KomPass – Kompetenzzentrum Klimafolgen  
und Anpassung, Umweltbundesamt)  
Susanne Hempen (Bundesministerium für Umwelt,  
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, WR I 1)

## Gestaltung:

Stefan von Andrian-Werburg und Konstanze Schönthaler  
(Bosch & Partner GmbH)

## Bildquellen:

Titel: Robert Kneschke/fotolia.com  
Bildverzeichnis für Kapiteltitel s. S. 256  
Autoren aller weiteren Bilder s. Bildunterschriften

gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier

Stand: Februar 2015

## Broschüren bestellen:

Umweltbundesamt  
c/o GVP  
Postfach 30 03 61 | 53183 Bonn  
Service-Telefon: 0340 2103-6688  
Service-Fax: 0340 2104-6688  
E-Mail: uba@broschuerenversand.de  
Internet: www.umweltbundesamt.de

Publikationen als pdf:

[http://www.umweltbundesamt.de/  
publikationen/monitoringbericht-2015](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoringbericht-2015)

Die fachlichen Grundlagen, die diesem Bericht zugrunde liegen, wurden in drei Vorhaben unter Federführung von Konstanze Schönthaler und Stefan von Andrian-Werburg (Bosch & Partner GmbH) erarbeitet: „Erstellung eines Indikatorenkonzepts für die Deutsche Anpassungsstrategie (Sachverst  ndigentitel 364 01 006)“, „Indikatoren für die Deutsche Anpassungsstrategie – Hauptstudie“ (Förderkennzeichen 3709 41 125) und „Evaluierung der DAS – Berichterstattung und Schließung von Indikatorenl  cken“ (Förderkennzeichen 3711 41 106). Diese Vorhaben wurden mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie (IMA) der Bundesregierung. Die IMA wird geleitet vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). In der IMA vertreten sind Auswärtiges Amt (AA), Bundeskanzleramt (BK), Bundesministerium der Finanzen (BMF), Bundesministerium des Innern (BMI), Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Bundesministerium der Verteidigung (BMVg), Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ), Bundesministerium für Gesundheit (BMG), Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ). Ständig beisitzende Oberbehörde ist das Umweltbundesamt (UBA).

# Monitoringbericht 2015

zur Deutschen Anpassungsstrategie  
an den Klimawandel

Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe  
Anpassungsstrategie der Bundesregierung

# INHALT

<b>Einführung .....</b>	<b>5</b>	<b>Boden .....</b>	<b>76</b>
<b>Klimaentwicklung in Deutschland .....</b>	<b>13</b>	Bodenwasserversorgung – es kann zu Engpässen kommen.....	78
Die Klimaentwicklung in Deutschland seit dem Ende des 19. Jahrhunderts .....	14	Bodenabtrag – empfindliche Verluste.....	80
Mittlere Klimaänderungen .....	14	Humus stärkt Widerstandskraft der Böden.....	82
Änderungen der Extreme .....	17	Grünlanderhaltung – wichtig für den Bodenschutz .....	84
<b>Indikatoren zu Klimawandelfolgen und Anpassung.....</b>	<b>25</b>	Organische Böden – schützen und Nutzung extensivieren .....	86
<b>Menschliche Gesundheit .....</b>	<b>26</b>	<b>Biologische Vielfalt .....</b>	<b>88</b>
Hitzebelastung bringt steigende Gesundheitsrisiken.....	28	Zeitliche Entwicklung von Wildpflanzenarten verschiebt sich im Jahresverlauf.....	90
Allergene Pflanzen gewinnen an Boden .....	30	Einfluss des Klimawandels auf Vogelarten nimmt zu.....	92
Neue Allergene geben Anlass zur Besorgnis.....	32	Zunahme natürlich überflutbarer Flächen fördert die biologische Vielfalt in Auen .....	94
Exotische Mücken bergen neue Gesundheitsrisiken .....	34	Auswirkungen des Klimawandels finden zunehmend Eingang in die Landschaftsplanung.....	96
Blualgen – Beeinträchtigung des Badevergnügens.....	36	Schutzgebiete – Rückzugsräume für Tiere und Pflanzen im Klimawandel.....	98
Rechtzeitige Hitzewarnungen – Voraussetzung für gute Prävention .....	38	<b>Landwirtschaft.....</b>	<b>100</b>
Allergiker brauchen Information.....	40	Neue Herausforderungen durch veränderte jahreszeitliche Witterungsverläufe .....	102
<b>Bauwesen .....</b>	<b>42</b>	Stärkere Ertragsschwankungen erhöhen das Produktionsrisiko .....	104
Großstädte im Hitzestress .....	44	Qualität von Ernteprodukten ist witterungsabhängig ..	106
Städtische Grünflächen – kühlende Oasen .....	46	Ertragsausfälle durch Extremwetterereignisse .....	108
Klimaangepasste Gebäude – die Hitze bleibt draußen ..	48	Schädlingsdruck könnte steigen .....	110
Klimawandelangepasstes Bauen und Sanieren fördern.	50	Anpassung der Bewirtschaftungsplanung.....	112
<b>Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz .....</b>	<b>52</b>	Perspektiven für neue Kulturpflanzenarten .....	114
Trotz Klimawandel guter mengenmäßiger Zustand des Grundwassers .....	54	Anderes Klima – andere Sorten.....	116
Änderungen von Wasserverfügbarkeit und Hochwassereschehen.....	56	Differenzierter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln erforderlich .....	118
Niedrigwasser - bislang weitgehend unter Kontrolle .....	58	Beregnung wird lukrativer .....	120
Werden unsere Seen wärmer? .....	60	<b>Wald und Forstwirtschaft .....</b>	<b>122</b>
Zirkulationsbedingungen bisher nicht signifikant verändert .....	62	Anpassungsfähigkeit der natürlichen Baumarten .....	124
Die Meere werden wärmer .....	64	Fichte gerät zunehmend unter Druck .....	126
Der Meeresspiegel der Nord- und Ostsee steigt.....	66	Veränderungen im Zuwachs.....	128
Bisher kein Anstieg der Sturmflutintensitäten.....	68	Forstwirtschaft wird risikoreicher .....	130
Wassernutzung deutlich zurückgegangen.....	70	Borkenkäfer – großes Problem für die Fichte.....	132
Zurück zur natürlichen Struktur der Gewässer.....	72	Trotz zunehmender Waldbrandgefahr nicht mehr Waldbrände.....	134
Küstenschutz erfordert umfangreiche Investitionen.....	74	Kronenverlichtung durch Klimawandel?.....	136
		Mischwälder – Vielfalt streut das Risiko.....	138
		Aktiver Waldumbau – der Natur auf die Sprünge helfen .....	140
		Gefährdete Nadelholzbestände gezielt reduzieren .....	142
		Genetische Vielfalt – Schlüssel zur Anpassung .....	144
		Humus – Helfer in schweren Zeiten .....	146
		Forstliche Information zum Thema Anpassung .....	148

<b>Fischerei .....</b>	<b>150</b>	<b>Bevölkerungsschutz.....</b>	<b>220</b>
Wärmeliebende Fischarten in der Nord- und Ostsee ...	152	Einsatz bis ans Ende der Kräfte?.....	222
Noch unklare Entwicklungen in der Binnenfischerei....	154	Information und Wissen – Bausteine zur Selbsthilfe ...	224
<b>Energiewirtschaft</b>		Eigenvorsorge für Notfallsituationen .....	226
<b>(Wandel, Transport, Versorgung).....</b>	<b>156</b>	Übungen – Trainieren für den Ereignisfall .....	228
Stromversorgung – mehr und längere Unterbre-		Gehen uns die (Einsatz-)Kräfte aus? .....	230
chungen? .....	158	<b>Handlungsfeldübergreifende</b>	
Hitze beeinflusst Stromproduktion konventionel-		<b>Aktivitäten des Bundes.....</b>	<b>232</b>
ler Kraftwerke.....	160	Bekommen wir die Klimawandelfolgen in den Griff? ...	234
Beeinflussen die Klimaänderungen den Ertrag der		Öffentlichkeitsinformation – wichtige Aufgabe des	
Erneuerbaren? .....	162	Bundes .....	236
Auf viele Schultern verteilt – die Energieversorgung ...	164	Förderung von Forschung und Entwicklung zu	
Energiespeicherung für mehr Netz elastizität.....	166	Klimawandelfolgen und Anpassung.....	238
Wärme kraftwerke – immer unabhängiger von		Kommunen sind wichtige Akteure .....	240
kühlem Frischwasser.....	168	Anpassung ist eine globale Herausforderung .....	242
<b>Finanzwirtschaft .....</b>	<b>170</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>245</b>
Sturm und Hagel: Treiben verstärkte Unwetter die		Bearbeitung .....	246
Schäden in die Höhe?.....	172	Beteiligungen .....	247
Für die Versicherer könnte es teuer werden.....	174	Literaturverzeichnis .....	253
Risikobewusstsein – Schlüssel zur Vorsorge .....	176	Abkürzungen .....	256
Appell an die Eigenvorsorge: Elementar versichern ...	178	Bildnachweis – Titel der handlungsfeldbezogenen	
<b>Verkehr, Verkehrsinfrastruktur .....</b>	<b>180</b>	Kapitel .....	256
Schiffahrtseinschränkungen am Rhein?.....	182		
Sicher unterwegs bei Schnee und Eis, Regen und			
Hitze .....	184		
<b>Industrie und Gewerbe .....</b>	<b>186</b>		
Geringere Leistungsfähigkeit bei Sommerhitze .....	188		
Wassernutzung im Verarbeitenden Gewerbe .....	190		
<b>Tourismuswirtschaft.....</b>	<b>192</b>		
Wird der Strandurlaub an Nord- und Ostsee beliebter? ...	194		
Bleibt das heilende Klima in Kurorten erhalten? .....	196		
Nimmt die Schneesicherheit ab? .....	198		
Wie geht's dem Wintertourismus? .....	200		
Verschieben sich die Urlaubszeiten? .....	202		
Verändern die Deutschen ihr Reiseverhalten? .....	204		
<b>Raumordnung, Regional- und</b>			
<b>Bauleitplanung .....</b>	<b>206</b>		
Raum für Veränderung sichern – Vorrang- und			
Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft .....	208		
Raumordnerischer Trinkwasser- und Grundwas-			
serschutz .....	210		
Flächensicherung für den Hochwasserschutz im			
Binnenland .....	212		
Freihalten von wichtigen Flächen für das lokale Klima	214		
Sparsame Flächenneuanspruchnahme – ein			
Beitrag auch zur Anpassung .....	216		
Siedlungsentwicklung in Bereichen mit Klimage-			
fahren vermeiden.....	218		



# EINFÜHRUNG

## Welche Auswirkungen hat der Klimawandel und wie bereiten wir uns vor?

Hiermit legt die Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung den ersten Monitoringbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel vor. Dieser Monitoringbericht ist Teil des vom Bundeskabinett beauftragten Fortschrittsberichts des Bundes zur Deutschen Anpassungsstrategie. Er trägt zur Weiterentwicklung der Strategie bei und informiert die Öffentlichkeit und Entscheidungsträger in allen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens über die beobachteten Folgen des Klimawandels und bereits eingeleitete Anpassungsmaßnahmen. Damit wird erstmals in kompakter Form anhand von gemessenen Daten dargestellt, welche Veränderungen durch den Klimawandel bereits feststellbar sind. Die Folgen des Klimawandels sind so vielfältig, dass kaum ein Bereich des gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Lebens in den nächsten Jahren und Jahrzehnten unberührt bleiben wird, auch wenn bislang Veränderungen zum Teil nur kleinere Gruppen, bestimmte Wirtschaftszweige oder Regionen konkret betreffen. Anpassung geht uns daher alle etwas an.

Treibhausgase, die jetzt in der Atmosphäre sind, beeinflussen das Klima der nächsten Jahrzehnte. Sich auf diese Veränderungen vorzubereiten, heißt, rechtzeitig und aktiv auf Klimaänderungen zu reagieren, die bereits nicht mehr vermeidbar sind. Dies gilt, auch wenn noch nicht alle Zusammenhänge aufgeklärt sind und das mögliche Ausmaß der Klimafolgen heute in vielen Bereichen noch nicht im Einzelnen absehbar ist. Gleichzeitig muss der Klimaschutz zügig voranschreiten, um zu verhindern, dass mit steigenden Treibhausgaskonzentrationen die klimatischen Veränderungen zunehmen und die Anpassungszwänge weiter wachsen.

In Zukunft soll der indikatorengestützte Monitoringbericht alle vier Jahre aktualisiert werden, sodass sich die Entwicklungen weiter verfolgen lassen.

Das Indikatorensystem, das dem Monitoringbericht zugrunde liegt, und der Bericht selbst wurden unter Beteiligung zahlreicher Experten aus den zuständigen Bundes- und Länderbehörden sowie aus wissenschaftlichen Einrichtungen und privaten Institutionen entwickelt. Der Anhang enthält eine Übersicht zu den Mitwirkenden, die konkrete Beiträge zu den Ausarbeitungen geliefert haben. Die Federführung der Entwicklung und Berichterstellung liegt in der Zuständigkeit des Umweltressorts und wurde vom Umweltbundesamt, Fachgebiet KomPass

– Klimafolgen und Anpassung in Deutschland, organisiert. Über das Umweltressort hinaus waren nahezu alle Bundesministerien und ihre zugeordneten wissenschaftlichen Behörden in die Entwicklung der Berichterstattung eingebunden und werden auch zukünftig weiter daran mitwirken.

## Deutsche Anpassungsstrategie und Aktionsplan Anpassung – der politische Prozess

Die Bundesregierung hat im Dezember 2008 die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) beschlossen. Sie beschreibt, in welchen Bereichen Veränderungen durch den Klimawandel zu erwarten sind oder bereits beobachtet werden und welche grundsätzlichen Handlungsmöglichkeiten und -erfordernisse in verschiedenen Sektoren bestehen. Es werden 13 Handlungsfelder in der DAS angesprochen: Menschliche Gesundheit; Bauwesen; Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz; Boden; Biologische Vielfalt; Landwirtschaft; Wald und Forstwirtschaft; Fischerei; Energiewirtschaft; Finanzwirtschaft; Verkehr, Verkehrsinfrastruktur; Industrie und Gewerbe sowie Tourismuswirtschaft. Zusätzlich benennt die Strategie mit der Raum-, Regional- und Bauleitplanung sowie dem Bevölkerungsschutz zwei Querschnittsthemen, die in viele der anderen Handlungsfelder hineinreichen.

Die DAS setzt einen strategischen Rahmen zur Anpassung an den Klimawandel, der Handlungsimpulse in alle gesellschaftlichen Bereiche hinein geben soll. Veränderungen, die der Klimawandel mit sich bringen kann, müssen bei allen relevanten Planungsprozessen und Entwicklungsstrategien systematisch berücksichtigt werden. Ziel ist es, die Anpassungsfähigkeit von natürlichen und gesellschaftlichen Systemen zu stärken, damit sie für eine Zukunft im Klimawandel vorbereitet sind. Für viele Bundesländer gab die nationale Strategie den Anstoß, auf Länderebene Anpassungsstrategien auszuarbeiten oder Anpassungsaspekte in ihre Klimaschutzstrategien aufzunehmen.

Zur Weiterentwicklung der in der DAS getroffenen Aussagen hat die Bundesregierung einen ressortübergreifenden Diskussions- und Koordinationsprozess angestoßen. Dieser mündete im August 2011 in die Verabschiedung des „Aktionsplans Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (APA I). Der APA unterlegt die in der DAS genannten Ziele und Handlungsoptionen mit spezifischen Aktivitäten und stellt Verknüpfungen



der DAS mit anderen nationalen Strategieprozessen her. Er betont insbesondere die Verantwortung des Bundes für die Bereitstellung von Wissen und die Information, für die Berücksichtigung von Anpassungserfordernissen in rechtlichen Regelungen, Normen, technischen Regelwerken, Förderprogrammen und ökonomischen Anreizsystemen sowie für Aktivitäten im Bereich der Bundesliegenschaften. Außerdem stützt er die Forderung, dass Deutschland internationale Verantwortung im Zuge der Anpassung an den Klimawandel übernimmt. Der APA I sieht unter anderem die Entwicklung eines Indikatorensystems und eine regelmäßige Berichterstattung zu den Fortschritten im Anpassungsprozess in Deutschland vor. Dieser nun erstmals vorgelegte indikatorengestützte Monitoringbericht ist ein wichtiger Bestandteil zur Erfüllung dieses Auftrags.

## Das DAS-Indikatorensystem

Die Indikatoren, die dem nun vorliegenden Bericht zugrunde liegen, wurden in einem mehr als fünfjährigen Entwicklungs- und Abstimmungsprozess mit behördlichen Vertretern unterschiedlicher Ressorts auf Bundes- und teilweise auch Landesebene sowie mit nicht behördlichen Fachexperten erarbeitet. Sie geben mit Bezug auf die 13 Handlungsfelder und zwei Querschnittsthemen der DAS einen Überblick über die Betroffenheiten durch Auswirkungen des Klimawandels und über die in den jeweiligen Bereichen bereits initiierten Anpassungsprozesse. Insgesamt umfasst das DAS-Indikatorensystem 97 Indikatoren, 55 davon beschreiben Auswirkungen des Klimawandels (Impact-Indikatoren), 42 Anpassungsmaßnahmen oder Aktivitäten und Bedingungen, die den Anpassungsprozess unterstützen (Response-Indikatoren). Hinzu kommen fünf handlungsfeldübergreifende Indikatoren. Sie stellen übergreifende Aktivitäten der Bundesregierung dar, mit denen der Anpassungsprozess an den Klimawandel unterstützt wird.

Aufgrund begrenzter Datenverfügbarkeiten ist es nicht möglich, alle relevanten in der Diskussion befindlichen Prozesse und Handlungsansätze mit Indikatoren abzubilden. Vieles entzieht sich der quantitativen Analyse und Darstellung. Viele Datenerhebungen stehen außerdem erst am Anfang, und es bedarf längerer Zeitreihen zur Interpretation der Entwicklungen. Die Beschränkungen der Datenverfügbarkeit haben auch zur Folge, dass die derzeitige Anzahl der Indikatoren pro Handlungsfeld bzw. Querschnittsthema nicht zwangsläufig dessen Bedeutung widerspiegelt. Entsprechend ist vorgesehen,

dass das Indikatorensystem im Prozess der Fortschreibung überprüft und weiterentwickelt wird.

Bei vielen Indikatoren lässt sich der spezifische Beitrag des Klimawandels zu beobachtbaren Veränderungen in der Umwelt, Gesellschaft oder Wirtschaft nicht oder nur schwer bestimmen, da Veränderungsprozesse vielfältig beeinflusst werden. In unserer globalisierten Welt lassen sich einfache Ursache-Wirkungsbeziehungen kaum mehr beschreiben. Wenn wir beispielsweise darüber nachdenken, inwieweit Waldschäden heute durch vermehrte sommerliche Hitze- und Trockenheitsperioden oder durch starke Stürme entstehen, dürfen wir die umfangreichen nicht klimatischen Wirkungskomplexe nicht aus dem Auge verlieren. Weiterhin beeinflussen auch Nährstoffeinträge, Versauerung und hohe Ozonkonzentrationen neben vielen weiteren Faktoren die Baumgesundheit. Eine der zentralen Aufgaben des Bevölkerungsschutzes war es schon immer, nach Orkanen, Starkregen und Überschwemmungen Katastrophenhilfe zu leisten. Dass heute mehr und teilweise auch schwerere Einsätze zu bewältigen sind, wird als eine Folge des Klimawandels gesehen. Es ist aber schwierig zu beurteilen, was ein „Normalmaß“ von Einsätzen wäre. Bei der Entwicklung des DAS-Indikatorensystems wurden Ursache-Wirkungsbeziehungen intensiv diskutiert. Mit den nun ausgewählten Indikatoren werden Themen dargestellt, für die wissenschaftliche Erkenntnisse darauf hindeuten, dass mit Veränderungen im Zuge des Klimawandels zu rechnen ist. Einige Datenreihen im vorliegenden Erstbericht zeigen diese Veränderungen (noch) nicht an. Hier werden die Folgeberichte zeigen, wie die weitere Entwicklung verläuft.

Unschärfen der Interpretation ergeben sich auch mit Blick auf den Anpassungsprozess. Viele Maßnahmen, die mit Klimawandelanpassung in Zusammenhang gebracht werden, dienen nicht allein diesem Zweck oder wurden sogar aus ganz anderen Motiven heraus ergriffen. Dennoch können sie einen wirkungsvollen Anpassungsprozess unterstützen. Gleichzeitig lassen sich aber auch spezifische Anpassungsmaßnahmen wie beispielsweise der Betrieb des Hitzewarndiensts des DWD beschreiben.

Für einige Indikatoren wird sich erst in Zukunft auf der Grundlage weiterer Berichtsfortschreibungen erweisen, welche Relevanz sie tatsächlich haben. Möglicherweise bewahrheiten sich heutige Befürchtungen in Zukunft nicht, oder aber es deuten sich zum Zeitpunkt der nächsten Berichtsfortschreibung kritische Prozesse an, die wir derzeit noch gar nicht im Blick haben. Entsprechend ist vorgesehen, dass das Indikatorensystem im Prozess der Fortschreibung überprüft und weiterentwickelt wird.

Grundsätzlich haben alle Indikatoren zum Ziel, bundesweite Entwicklungen abzubilden. Regionale Differenzierungen sind nur in wenigen Ausnahmefällen Inhalt der Darstellungen. Für thematische Aspekte, zu denen keine bundesweiten Daten für die Indikatorenbildung zur Verfügung stehen, ließen sich teilweise sogenannte Fallstudien entwickeln. Sie zeigen anhand konkreter räumlich begrenzter Datensätze stellvertretend, welche Aussagen sich bei entsprechender Datenverfügbarkeit auch bundesweit generieren ließen. Diese Fallstudien sind als solche gekennzeichnet.

Auf die Nennung umfassender weiterführender Literatur wird bewusst verzichtet, weil sie angesichts der Bandbreite und Vielzahl der adressierten Themen den Rahmen des Monitoringberichts sprengen würde.

Datenschluss für die Aktualisierung der Zeitreihen zu den Indikatoren war April 2014. Grundsätzlich ist 2013 das letztgenannte Datum. Erfolgen die den Indikatoren zugrundeliegenden Erhebungen in einem größeren zeitlichen Turnus, wird dies mit der Beschriftung der x-Achse deutlich gemacht. Es werden mindestens drei Zeitabschnitte angelegt.






## Bewertung der Entwicklungen




Die Bewertung der DAS-Indikatoren bezieht sich in erster Linie auf die Zielsetzungen in der DAS. Teilweise wurden ergänzend auch Ziele des Aktionsplans Anpassung herangezogen. Allerdings sind die in diesen Dokumenten niedergelegten Ziele bislang nicht quantifiziert. Damit sind zugleich die Möglichkeiten einer Bewertung der DAS-Indikatoren eingeschränkt. Die Bewertung beschränkt sich aus diesem Grunde auf eine statistische Trendberechnung und eine Beurteilung, ob der Trend grundsätzlich in die richtige Richtung weist.

Die Bewertung erfolgt dabei immer mit Blick auf den Themenkomplex Klimawandelfolgen und Anpassung. Eine Bewertung der Trends erscheint allerdings nicht in allen Fällen sinnvoll, da die Konsequenzen der Veränderungen nicht immer bekannt sind. So ist eine frühere Blüte des Winterraps als Folge des Klimawandels (wie in Indikator LW-I-1 dargestellt) zwar ein Zeichen dafür, dass der nicht erwünschte Klimawandel Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Kulturen hat, die frühere Blüte ist aber per se nicht zwangsläufig negativ zu bewerten. So ist nicht klar, in welchem Umfang eine Verfrühung der Blüte von den Landwirten als akzeptabel hingenommen werden kann oder gar begrüßt wird und welche Folgen dies für die Fruchtfolgegestaltung hat. In diesen und ähnlichen Fällen beschränkt sich die Darstellung lediglich auf das Ergebnis der Trendberechnung und verzichtet auf dessen Bewertung.

Im Rahmen der statistischen Trendberechnung wurden die Zeitreihen bezüglich ihrer Trendverläufe klassifiziert. Unterschieden werden sowohl steigende und fallende Trends als auch Trends mit einer Trendumkehr, also einem Richtungswechsel bei der Entwicklung. Mit der Berücksichtigung von Trends mit Trendumkehr lassen sich insbesondere bei Betrachtung längerer Zeitreihen auch Entwicklungsverläufe beschreiben, bei denen sich beispielsweise negativ zu bewertende Trends in weiter zurückliegender Vergangenheit durch erfolgreich verlaufende Anpassungsmaßnahmen in jüngerer Zeit zum Positiven gewendet haben.

Trends werden für alle Zeitreihen mit sieben und mehr Datenpunkten berechnet. In die Trendberechnung werden dabei alle Datenpunkte der verfügbaren Zeitreihe einbezogen. Datenreihen, die über zu wenige Datenpunkte verfügen oder die auf unregelmäßigen und zeitlich weit auseinanderliegenden Erhebungen basieren, werden von der Trendberechnung ausgeschlossen.

Trendbeschreibung	
	Steigender Trend
	Fallender Trend
	Trend mit Trendumkehr: zuerst fallend, dann steigend
	Trend mit Trendumkehr: zuerst steigend, dann fallend
	Kein Trend

Trendbewertung	
	Günstige Entwicklung
	Ungünstige Entwicklung
	Keine Bewertung der Entwicklung möglich

## Die DAS-Indikatoren im Überblick

Impact-Indikatoren – Auswirkungen		Response-Indikatoren – Anpassungen	
<b>Handlungsfeld Menschliche Gesundheit</b>			
GE-I-1	Hitzebelastung	GE-R-1	Hitzewarndienst
GE-I-2	Hitzetote	GE-R-2	Erfolge des Hitzewarndienstes
GE-I-3	Belastung mit Ambrosiapollen	GE-R-3	Informationen zu Pollen
GE-I-4	Gefährdung durch Eichenprozessions- spinner		
GE-I-5	Überträger von Krankheitserregern		
GE-I-6	Blualgenbelastung von Badegewässern		
<b>Handlungsfeld Bauwesen</b>			
BAU-I-1	Wärmebelastung in Städten	BAU-R-1	Erholungsflächen
BAU-I-2	Sommerlicher Wärmeinseleffekt	BAU-R-2	Spezifischer Energieverbrauch der privaten Haushalte für Raumwärme
		BAU-R-3	Fördermittel für klimawandelangepasstes Bauen und Sanieren
<b>Handlungsfeld Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz</b>			
WW-I-1	Mengenmäßiger Grundwasserzustand	WW-R-1	Wassernutzungsindex
WW-I-2	Mittlerer Abfluss	WW-R-2	Gewässerstruktur
WW-I-3	Hochwasser	WW-R-3	Investitionen in den Küstenschutz
WW-I-4	Niedrigwasser		
WW-I-5	Wassertemperatur stehender Gewässer		
WW-I-6	Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern		
WW-I-7	Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern		
WW-I-8	Wassertemperatur des Meeres		
WW-I-9	Meeresspiegel		
WW-I-10	Intensität von Sturmfluten		
<b>Handlungsfeld Boden</b>			
BO-I-1	Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden	BO-R-1	Humusgehalte von Ackerböden
BO-I-2	Regenerosivität	BO-R-2	Dauergrünlandfläche
		BO-R-3	Fläche organischer Böden
<b>Handlungsfeld Biologische Vielfalt</b>			
BD-I-1	Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten	BD-R-1	Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und Landschaftsrahmenplänen
BD-I-2	Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft	BD-R-2	Gebietsschutz
BD-I-3	Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen		

Impact-Indikatoren – Auswirkungen		Response-Indikatoren – Anpassungen	
<b>Handlungsfeld Landwirtschaft</b>			
LW-I-1	Verschiebung agrarphänologischer Phasen	LW-R-1	Anpassung von Bewirtschaftungsrythmen
LW-I-2	Ertragsschwankungen	LW-R-2	Anbau und Vermehrung wärmeliebender Ackerkulturen
LW-I-3	Qualität von Ernteprodukten	LW-R-3	Anpassung des Sortenspektrums
LW-I-4	Hagelschäden in der Landwirtschaft	LW-R-4	Maissorten nach Reifegruppen
LW-I-5	Schaderregerbefall	LW-R-5	Pflanzenschutzmittel-Anwendung
		LW-R-6	Landwirtschaftliche Beregnung
<b>Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft</b>			
FW-I-1	Baumartenzusammensetzung in Naturwald-reservaten	FW-R-1	Mischbestände
FW-I-2	Gefährdete Fichtenbestände	FW-R-2	Förderung des Waldumbaus
FW-I-3	Holzzuwachs	FW-R-3	Umbau gefährdeter Fichtenbestände
FW-I-4	Schadholz – Umfang zufälliger Nutzungen	FW-R-4	Erhaltung forstgenetischer Ressourcen
FW-I-5	Schadholzaufkommen durch Buchdrucker	FW-R-5	Humusvorrat in forstlichen Böden
FW-I-6	Waldbrandgefährdung und Waldbrand	FW-R-6	Forstliche Information zum Thema Anpassung
FW-I-7	Waldzustand		
<b>Handlungsfeld Fischerei</b>			
FI-I-1	Verbreitung warmadaptierter mariner Arten		
FI-I-2	Vorkommen wärmeliebender Arten in Binnengewässern		
<b>Handlungsfeld Energiewirtschaft (Wandel, Transport und Versorgung)</b>			
EW-I-1	Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung	EW-R-1	Diversifizierung der Elektrizitätserzeugung
EW-I-2	Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung	EW-R-2	Diversifizierung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte
EW-I-3	Umgebungstemperaturbedingte Stromminderproduktion thermischer Kraftwerke	EW-R-3	Möglichkeiten der Stromspeicherung
EW-I-4	Potenzieller und realer Windenergieertrag	EW-R-4	Wassereffizienz thermischer Kraftwerke
<b>Handlungsfeld Finanzwirtschaft</b>			
FiW-I-1	Schadenaufwand und Schadensatz in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung	FiW-R-1	Versicherungsdichte der erweiterten Elementarschadenversicherung für Wohngebäude
FiW-I-2	Schadenquote und Schaden-Kosten-Quote bei der Verbundenen Wohngebäudeversicherung		
FiW-I-3	Betroffenheit durch Stürme und Hochwasser		
<b>Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur</b>			
VE-I-1	Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen		
VE-I-2	Witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle		

Impact-Indikatoren – Auswirkungen		Response-Indikatoren – Anpassungen	
<b>Handlungsfeld Industrie und Gewerbe</b>			
IG-I-1	Hitzebedingte Minderung der Leistungsfähigkeit	IG-R-1	Wasserintensität des Verarbeitenden Gewerbes
<b>Handlungsfeld Tourismuswirtschaft</b>			
TOU-I-1	Badetemperaturen an der Küste		
TOU-I-2	Übernachtungen im touristischen Großraum Küste		
TOU-I-3	Wärmebelastung in heilklimatischen Kurorten		
TOU-I-4	Schneedecke für den Wintersport		
TOU-I-5	Übernachtungen in Wintersportorten		
TOU-I-6	Saisonale Übernachtungen in deutschen Tourismusgebieten		
TOU-I-7	Präferenz von Urlaubsreisezielen		
<b>Handlungsfeld Raum-, Regional- und Bauleitplanung</b>			
		RO-R-1	Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft
		RO-R-2	Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Grundwasserschutz und Trinkwassergewinnung
		RO-R-3	Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für (vorbeugenden) Hochwasserschutz
		RO-R-4	Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen
		RO-R-5	Siedlungs- und Verkehrsfläche
		RO-R-6	Siedlungsnutzung in Hochwassergefahrenbereichen
<b>Handlungsfeld Bevölkerungsschutz</b>			
BS-I-1	Einsatzstunden bei wetter- und witterungsbedingten Schadenereignissen	BS-R-1	Information zum Verhalten im Katastrophenfall
		BS-R-2	Vorsorge in der Bevölkerung
		BS-R-3	Übungsgeschehen
		BS-R-4	Aktive Katastrophenschutz Helfer
<b>Handlungsfeldübergreifende Indikatoren</b>			
HUE-1	Beherrschbarkeit von Klimawandelfolgen		
HUE-2	Nutzung von Warn- und Informationsdiensten		
HUE-3	Bundeszuwendungen zur Förderung von Forschungsprojekten zu Klimawandelfolgen und Anpassung		
HUE-4	Klimawandelanpassung auf kommunaler Ebene		
HUE-5	Internationale Klimafinanzierung zur Anpassung		



# **KLIMAENTWICKLUNG IN DEUTSCHLAND**

## Die Klimaentwicklung in Deutschland seit dem Ende des 19. Jahrhunderts

Die mit hoher Wahrscheinlichkeit überwiegend vom Menschen verursachten Klimaänderungen der jüngsten Vergangenheit sind nicht überall auf der Welt gleich. So haben sich z. B. die Landmassen stärker erwärmt als die Ozeane, aber auch im Bereich der einzelnen Kontinente gibt es teilweise erhebliche Unterschiede. Ebenso verhält es sich mit dem Niederschlag. Während es im Mittelmeerraum seit der Mitte des 20. Jahrhunderts verbreitet trockener geworden ist, haben die Niederschlagsmengen in den anderen Regionen Europas zumeist zugenommen. Auch im Hinblick auf die für die Bestimmung von Klimaänderungen notwendigen Beobachtungsdaten existieren große Unterschiede. Das betrifft sowohl die Länge der meteorologischen Zeitreihen, also wie weit diese überhaupt in die Vergangenheit zurückreichen, als auch ihre räumliche und zeitliche Auflösung, wovon sich die Entfernung zwischen den einzelnen Messstationen bzw. der Abstand zwischen den verschiedenen Messterminen verbirgt.

Für Deutschland sind seit dem Jahr 1881 ausreichend Daten vorhanden, um Veränderungen des Klimas auch in der Fläche detailliert zu bestimmen. Dies gilt jedoch nur für die Elemente Temperatur und Niederschlag bei monatlicher Betrachtungsweise. Die entsprechenden täglichen Daten sowie andere Messgrößen wie z. B. die Sonnenscheindauer liegen i. d. R. erst ab 1951 weitestgehend flächendeckend vor. Auf der Basis der zur Verfügung stehenden Daten lassen sich somit aber zumindest 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. 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. Auf eine Darstellung weiterer meteorologischer Größen wird im Folgenden aufgrund ihrer etwas geringeren Bedeutung verzichtet. Zudem lassen sich diese um mehr als die Hälfte kürzeren Zeitreihen ohnehin nur eingeschränkt mit den Verläufen von Temperatur und Niederschlag vergleichen. Letzteres

gilt prinzipiell auch für die Untersuchung von Extremereignissen, da hierfür tägliche Messwerte benötigt werden. Andererseits bergen gerade solche Ereignisse aufgrund ihres hohen Schadenspotenzials die größte Gefahr für unsere Gesellschaft. Eine Analyse der bisherigen Änderungen dieser Ereignisse erfolgte daher trotz der auch in diesem Fall beschränkten Datenverfügbarkeit.

### Mittlere Klimaänderungen

Für die Auswertung der mittleren klimatischen Verhältnisse 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.

### Temperatur

Das Jahresmittel der Lufttemperatur ist im Flächenmittel von Deutschland von 1881 bis 2013 statistisch gesichert um 1,2 Grad angestiegen\* (Abb. 1). 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. Auch im Vergleich der Klimareferenzperiode (1961–1990) zum aktuellen Bezugszeitraum (1981–2010) ist der Mittelwert der Lufttemperatur in Deutschland von 8,2 °C auf 8,9 °C gestiegen.

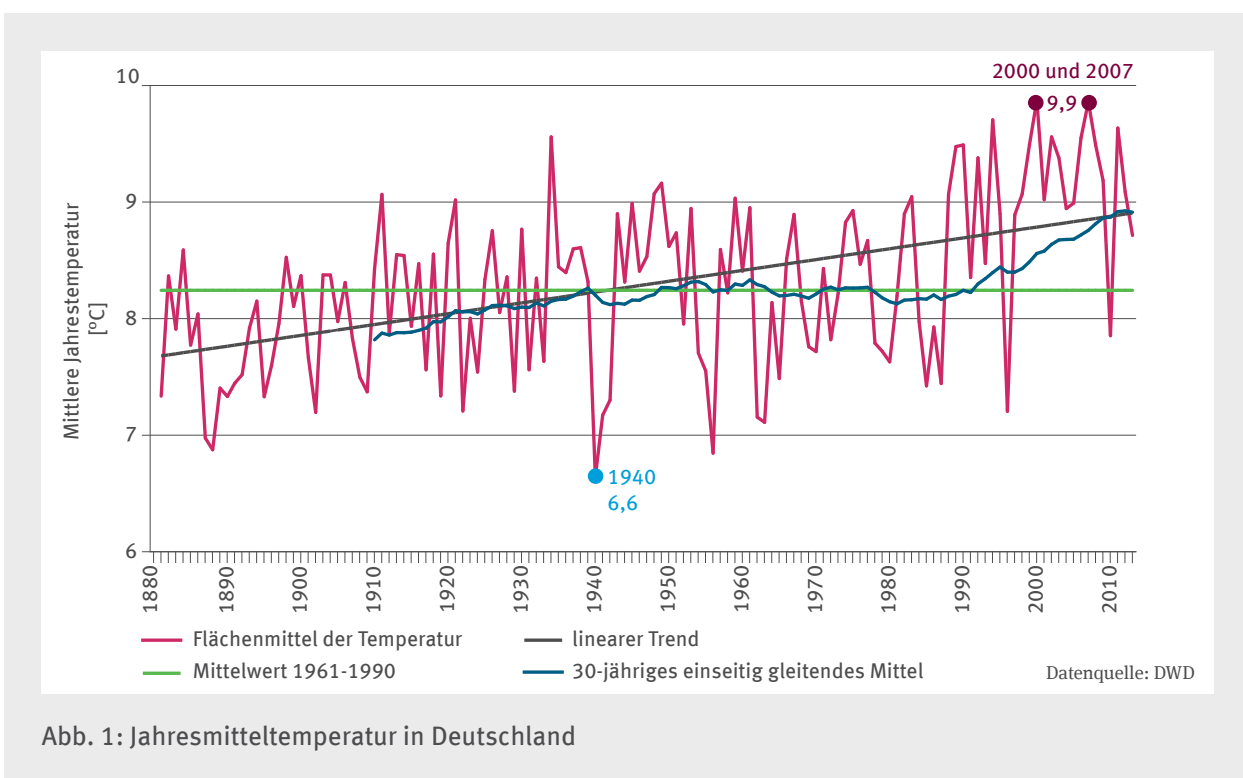
\* Sämtliche im Text gemachten Angaben zu Änderungen von Temperatur und Niederschlag sowie den auf diesen Größen basierenden Extremindizes wurden mittels linearem Trend berechnet und werden als statistisch gesichert bezeichnet, sofern sie mindestens das 99 %-Signifikanzniveau erreichen.



Bei genauerer Betrachtung der zeitlichen Entwicklung zeigt sich, dass sich der Temperaturanstieg nicht gleichmäßig vollzogen hat. Vielmehr gab es neben den Phasen der Erwärmung auch Zeiträume der Stagnation sowie immer wieder auch kurze Abschnitte, in denen die Temperaturen tendenziell etwas zurückgegangen sind. Wie das sogenannte einseitig gleitende Mittel über 30 Jahre zeigt, stiegen die Temperaturen in den Zeiträumen von etwa 1910 bis 1940 und insbesondere seit der zweiten Hälfte der 1980er Jahre an, während sie dazwischen weitestgehend auf demselben Niveau verharrten. Auch zum Ende des 19. Jahrhunderts blieben die Temperaturen im Wesentlichen konstant, wenngleich dies durch das erstmals für das Jahr 1910 überhaupt zu berechnende 30-jährige Mittel nicht wiedergegeben werden kann. Darüber hinaus ist zu erkennen, dass auch die Phasen der Erwärmung mehrfach kurzzeitig unterbrochen waren, z. B. gleich zweimal zwischen 1920 und 1930. Ein Grund für diesen ungleichmäßigen Verlauf ist die große Schwankungsbreite der Witterung von Jahr zu Jahr in einer im globalen Maßstab kleinen Region wie Deutschland. Über Zeiträume von mehreren Jahrzehnten spielt aber vor allem auch die sogenannte dekadische Klimavariabilität eine entscheidende Rolle. Dabei handelt es sich um periodische Schwankungen von einigen Jahren bis hin zu wenigen Jahrzehnten Andauer, die eng mit den Meeresströmungen gekoppelt sind. Abhängig von den sich von Zeit zu Zeit ändernden Meeresoberflächentemperaturen

kommt es zu Phasen der Erwärmung oder Abkühlung der Atmosphäre. Diese Phasen überlagern den Einfluss der das Klima von außen antreibenden Faktoren, zu denen neben den natürlichen Elementen Sonneneinstrahlung und Vulkanaktivität auch die vom Menschen verursachten Einflüsse infolge von Landnutzungsänderungen, der Luftverschmutzung durch den Schwefelausstoß von Industrieanlagen sowie durch die Emission von Treibhausgasen wie Kohlenstoffdioxid zählen. In den Zeiträumen einer stärker abkühlenden Wirkung der Ozeanzirkulation auf die Atmosphäre kann es daher zu einer vollständigen Verschleierung des langfristigen Trends kommen, auch dann, wenn die Summe der externen Klimaantriebe allein zu einer Erwärmung führen würde. Kehrt sich der Einfluss der Ozeane um, steigen auch die beobachteten Temperaturen wieder an.

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 Grad etwas deutlicher vom Jahresmittel ab. Die stärkste Erwärmung mit 1,3 Grad 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 Grad. Ähnliches gilt für die räumlichen Unterschiede. Hier reicht die Spanne im Falle der



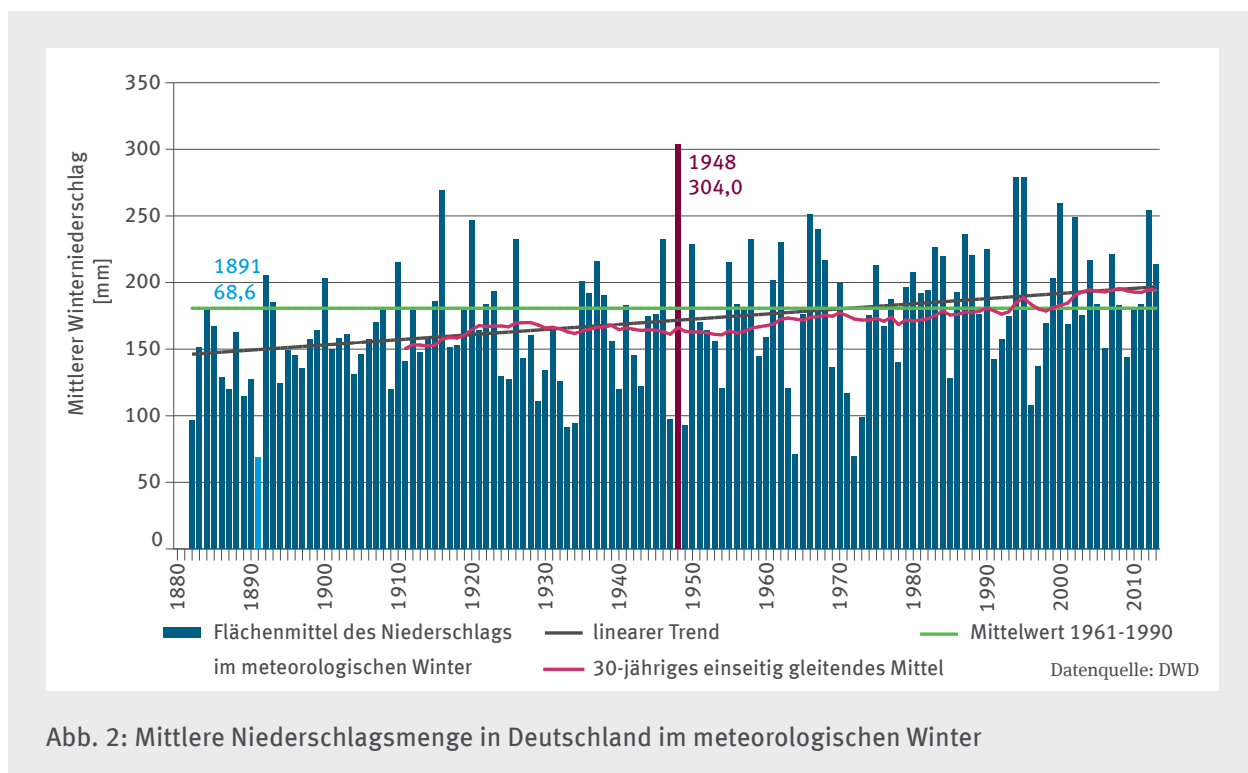
Jahresmitteltemperatur von 1,0 Grad bis 1,4 Grad, wobei die Erwärmung in den westlichen und südlichen Bundesländern tendenziell bislang etwas höher und in den nördlichen Bundesländern sowie in Brandenburg und Berlin etwas geringer ausgefallen ist als im Landesdurchschnitt. Größere Abweichungen von dieser generellen räumlichen Verteilung finden sich ausschließlich für die Wintermonate. Während dieser Jahreszeit stiegen die Temperaturen in den nordöstlichen Bundesländern mit Werten von 0,7 Grad bis 0,9 Grad bislang allgemein am geringsten an, während es in den anderen Gebieten zumeist etwas über 1,0 Grad wärmer geworden ist.

## Niederschlag

Im Gegensatz zur Temperatur weisen die 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 %. Dabei zeigen sich allerdings große räumliche

Unterschiede. Während es insbesondere in den nordwestlichen 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. Ein grundsätzlich ähnliches räumliches Bild ergibt sich auch für die Übergangsjahreszeiten Frühling und Herbst.

Die stärksten Änderungen wurden bislang für den Winter beobachtet. Wie Abbildung 2 zeigt, hat das Flächenmittel der mittleren Niederschlagsmenge seit dem Winter 1881 / 1882 um 28,0 % zugenommen. Die räumliche Verteilung der Änderungen ähnelt dabei der der Temperatur zu dieser Jahreszeit. Das heißt, die geringsten Zunahmen mit Werten bis etwa 25 % wurden bislang in den nordöstlichen Bundesländern registriert. In den übrigen Bundesländern sind die Regenmengen dagegen zumeist stärker angestiegen als im Landesdurchschnitt von 28,0 %. Mit dieser räumlich unterschiedlich stark ausgeprägten Erwärmung und Niederschlagszunahme hat sich der unterschiedliche Grad der Kontinentalität beider Regionen, also das unterschiedliche Verhältnis des Einflusses von Land und Meer auf das Klima an einem bestimmten Ort, im Verlaufe des 20. Jahrhunderts tendenziell noch etwas verstärkt.



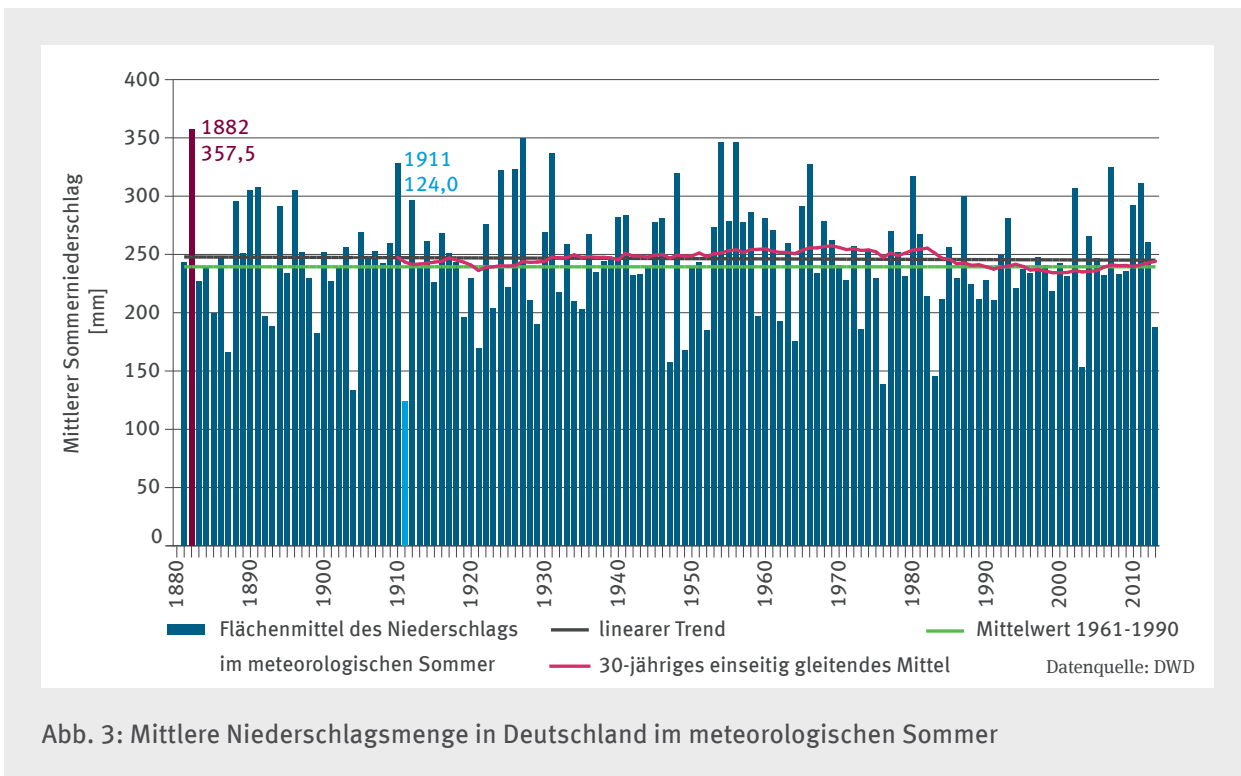


Abb. 3: Mittlere Niederschlagsmenge in Deutschland im meteorologischen Sommer

Für die Sommermonate lässt sich bislang kaum eine Änderung feststellen. Zwar hat die mittlere Niederschlagsmenge zu dieser Jahreszeit seit 1881 um 1,2 % abgenommen, jedoch lässt sich aus diesem minimalen, im Bereich der natürlichen Variabilität liegenden Rückgang nicht einmal auf eine Tendenz schließen (Abb. 3). Auf Basis des einseitig gleitenden 30-jährigen Mittelwerts lässt sich hingegen eine allerdings nur relativ schwach ausgeprägte Periodizität erkennen.

## Änderungen der Extreme

Zur Analyse meteorologischer Extreme gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren. Eine relativ einfache und sehr anschauliche Möglichkeit bieten die sogenannten klimatischen Kenntage, bei denen es sich um Schwellenwertereignisse handelt. Es werden also Tage ausgewertet, an denen z. B. die Höchsttemperatur einen bestimmten Grenzwert überschreitet wie z. B. die Anzahl der Sommertage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 25 °C. Auch eine Expertenkommission der WMO empfiehlt u. a. die Verwendung von Kenntagen zur Überwachung der Veränderungen meteorologischer Extreme. Neben den reinen Kenntagen empfehlen die Experten eine Reihe weiterer Indizes, die u. a. auch geeignet sind, länger andauernde Klimaextreme wie z. B. Trockenperioden zu erfassen. Von dieser Liste wurden für

diesen Bericht insgesamt fünf Indizes ausgewählt. Dabei wurde einer der Indizes im Hinblick auf die klimatischen Bedingungen in Deutschland etwas angepasst. Statt der Anzahl der Sommertage wurde die Anzahl der Heißen Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 30 °C verwendet. 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.

## Temperatur

Zur Analyse der Temperaturextreme wurde neben der Anzahl der Heißen Tage auch 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. 4). Dieser Anstieg ist trotz der großen Variabilität dieses Index von Jahr zu Jahr statistisch gesichert. Demgegenüber 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. 5).

Der zeitliche Verlauf der Flächenmittelwerte beider untersuchter Temperaturindizes spiegelt sich auch in deren räumlicher Entwicklung erkennbar wider. Ebenso sind

aber auch die großen räumlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Regionen Deutschlands gut auszumachen. Im Zeitraum 1954-1963 lag die mittlere Anzahl der Heißen Tage weitverbreitet zwischen null und vier Tagen pro Jahr. Nur entlang des Rheingrabens sowie in Nordostdeutschland südlich von Berlin traten vier bis acht,

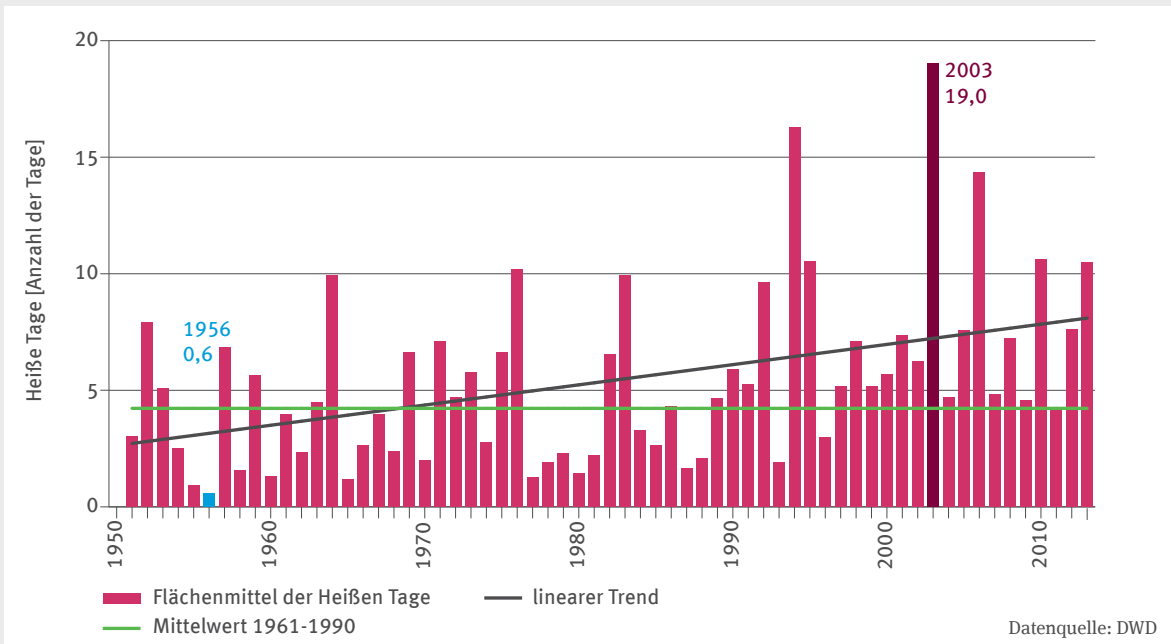


Abb. 4: Jährliche Anzahl der Heißen Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 30 °C

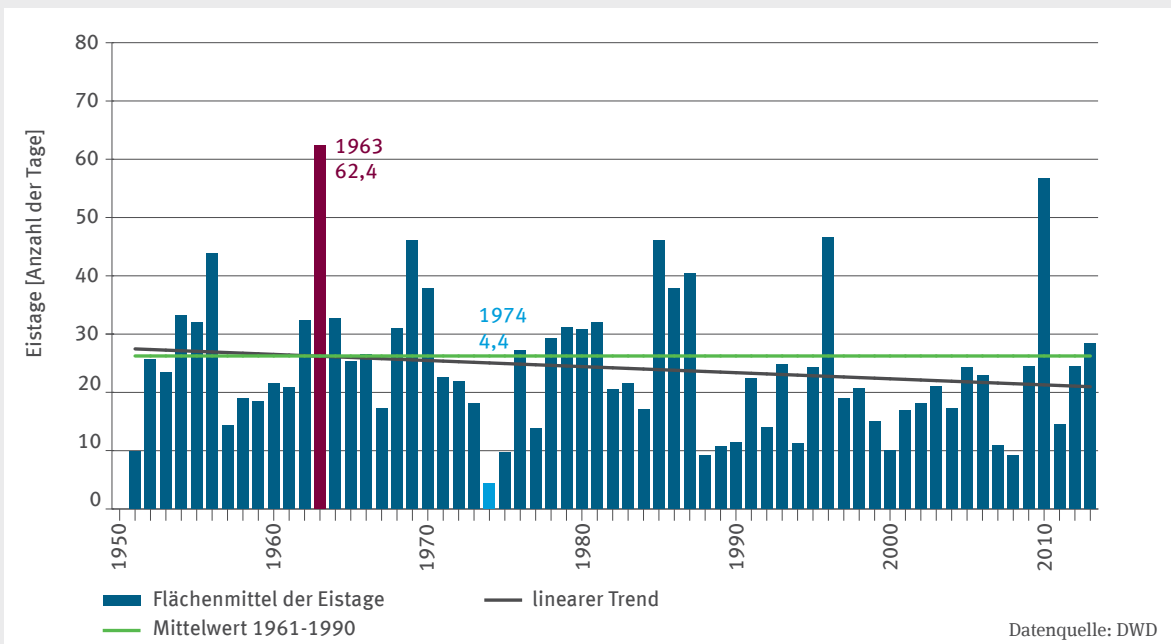


Abb. 5: Jährliche Anzahl der Eistage mit einer Höchsttemperatur von unter 0 °C

im südlichen Rheingraben teilweise auch bis zu zehn solcher Tage auf (Abb. 6). Bis zur Dekade 1994-2003 hat die Anzahl der Heißen Tage dann auf im Mittel bis zu 18 Tage pro Jahr zugenommen. Lediglich im äußersten Norden Schleswig-Holsteins traten auch in diesem Jahrzehnt weniger als zwei Heiße Tage pro Jahr auf. In den vergangenen zehn Jahren ist die Zahl der Heißen Tage wieder leicht zurückgegangen, dennoch gab es im Süden und Osten nach wie vor weitverbreitet mehr als zehn solcher Tage pro Jahr. Eine ähnlich stark ausgeprägte, aber natürlich umgekehrte Entwicklung gab es auch im Falle der Eistage (Abb. 7). Hier traten in den vergangenen zehn Jahren zwischen über 50 solcher Tage in den östlichen Mittelgebirgen (zum Teil auch in den westlichen und südwestlichen Mittelgebirgen) und insbesondere in den Alpen sowie unter zehn solcher Tage am Niederrhein auf.

### Niederschlag

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 aufsummierender 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-Tage-summe des Niederschlags zu betrachten. Allerdings

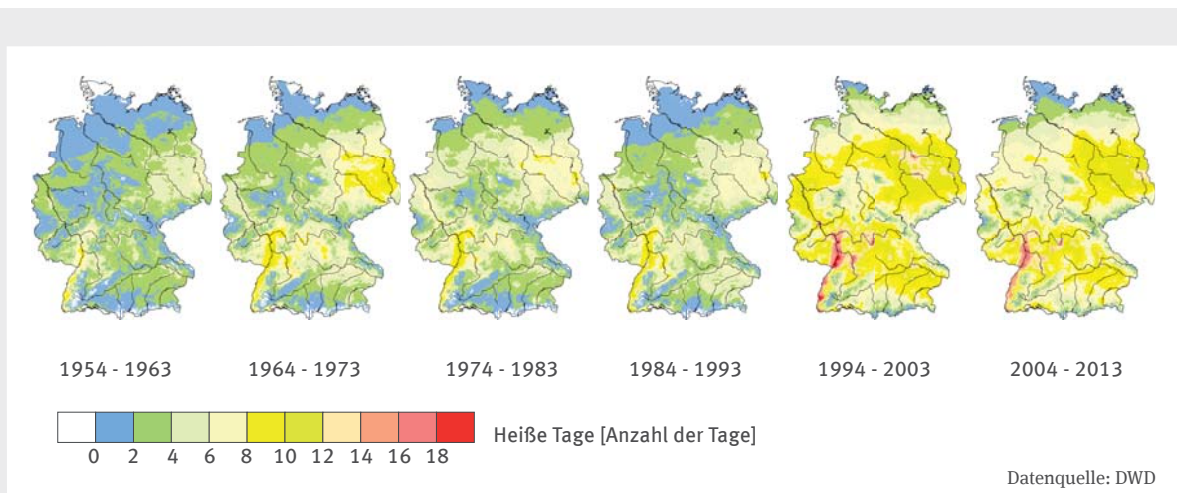


Abb. 6: Mittlere jährliche Anzahl der Heißen Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 30 °C

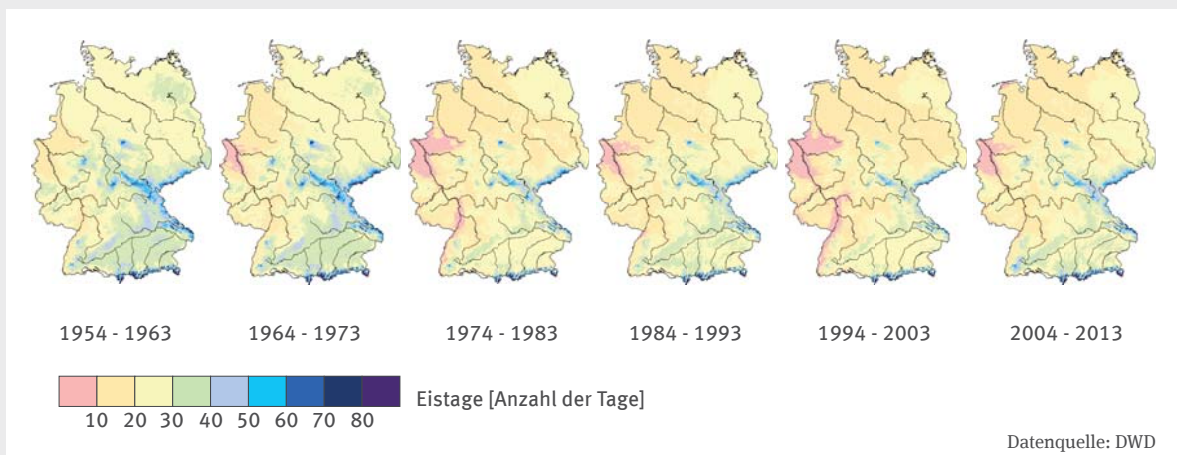


Abb. 7: Mittlere jährliche Anzahl der Eistage mit einer Höchsttemperatur von unter 0 °C

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.

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. 8). 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.

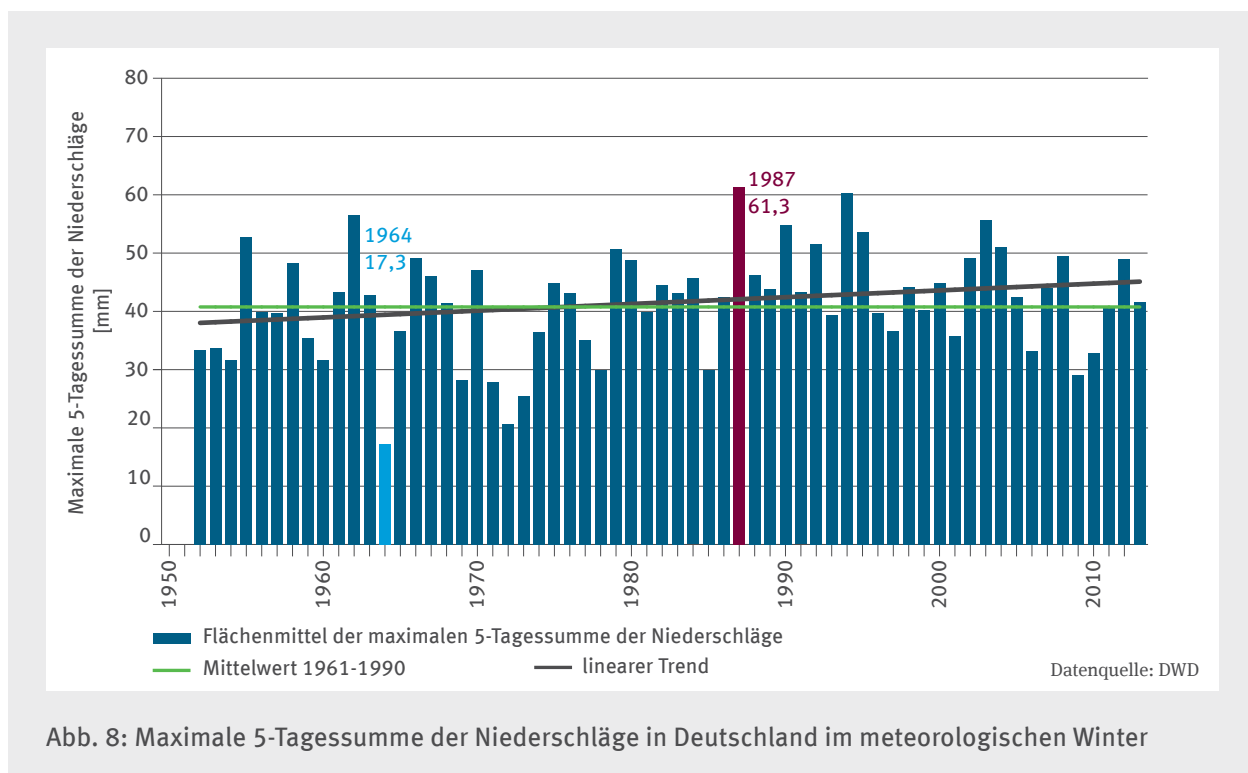
Die räumliche Entwicklung der mittleren maximalen 5-Tagessummen zeigt ebenfalls einige Auffälligkeiten (Abb. 9). In den nordöstlichen Landesteilen lagen die Werte in den ersten beiden Dekaden verbreitet unter 30 mm, teilweise auch unter 20 mm. Seitdem haben

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. In den südwestlichen Landesteilen ist indes eher eine periodische Schwankung der maximalen 5-Tagessummen zu erkennen. Hier sind die Werte von der Dekade 1954-1963 zur Dekade 1964-1973 zunächst zurückgegangen und danach bis zum Zeitraum 1984-1993 wieder auf Werte etwa wie zu Beginn des Untersuchungszeitraums angestiegen. In der Folge sind sie bis zum vergangenen Jahrzehnt wieder etwas zurückgegangen.

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. 10).

## Trockenheit

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



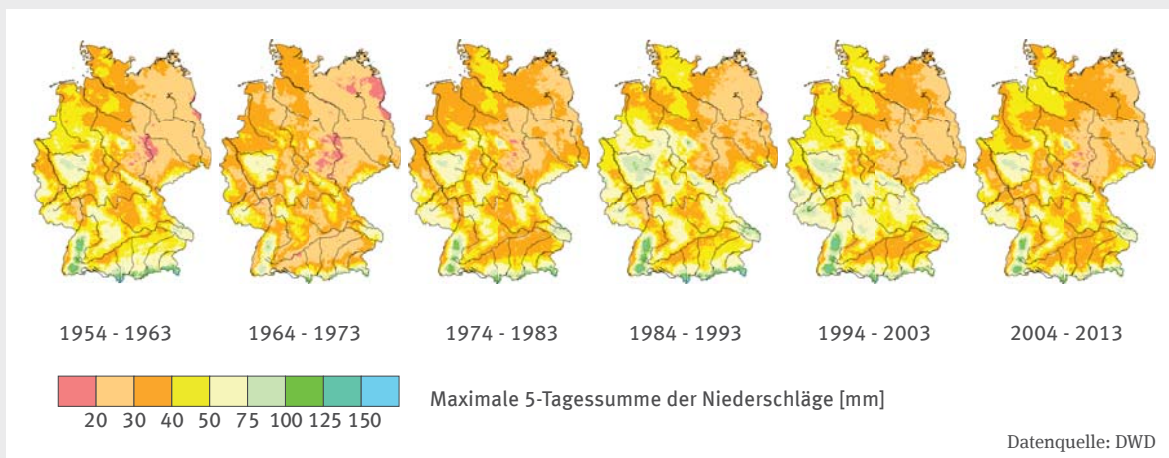


Abb. 9: Mittlere maximale 5-Tagessumme der Niederschläge im meteorologischen Winter

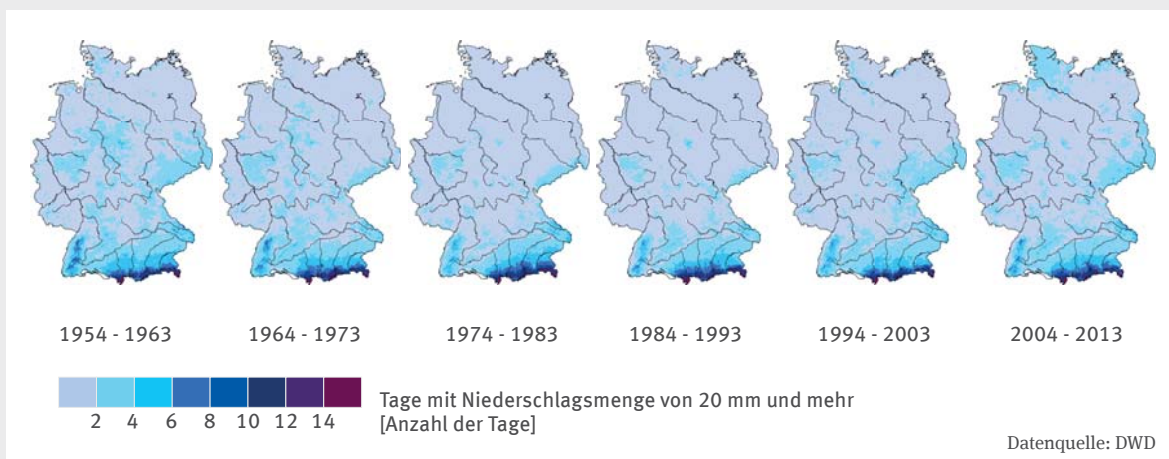


Abb. 10: Mittlere Anzahl der Tage mit einer Niederschlagsmenge von 20 mm und mehr im meteorologischen Sommer

noch die Veränderung der Häufigkeit von Trockenperioden betrachtet werden. Hierzu wird die Anzahl der Episoden mit mindestens zehn aufeinanderfolgenden Tagen ohne Niederschlag ausgewertet.

Wie Abbildung 11 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. 12).

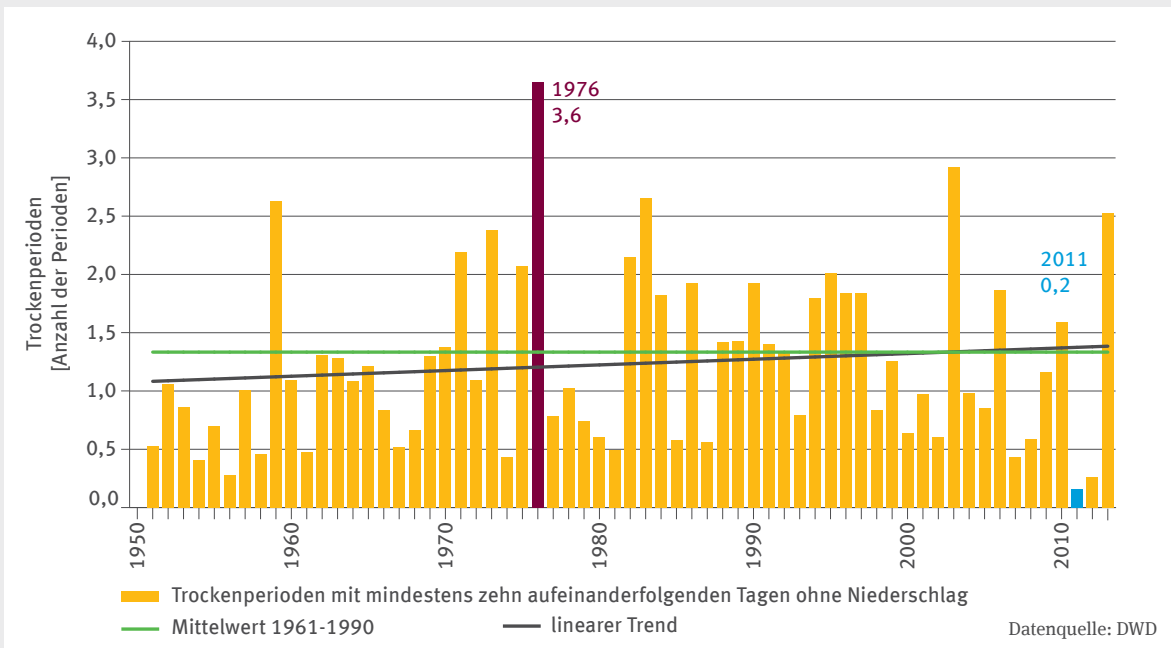


Abb. 11: Anzahl von Trockenperioden mit mindestens zehn aufeinanderfolgenden Tagen ohne Niederschlag im meteorologischen Sommer

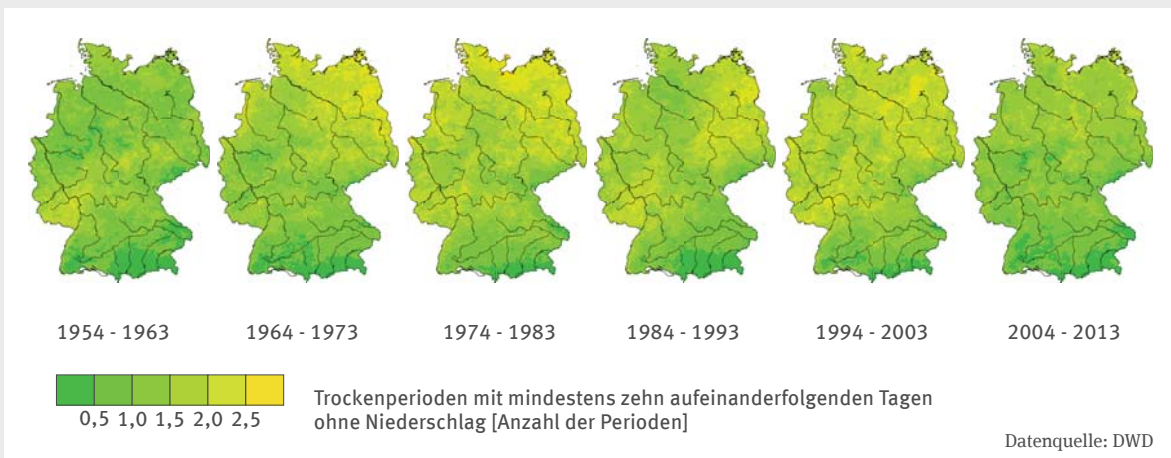


Abb. 12: Mittlere Anzahl von Trockenperioden mit mindestens zehn aufeinanderfolgenden Tagen ohne Niederschlag im meteorologischen Sommer



**INDIKATOREN ZU  
KLIMAWANDELFOLGEN  
UND ANPASSUNG**



© Helene Souza / pixelio.de

# Menschliche Gesundheit

Der menschliche Organismus setzt sich ständig mit den klimatischen Bedingungen seiner Umwelt auseinander und reagiert mit körpereigenen Anpassungsreaktionen auf diese Reize. Vor allem extreme Wetter- und Witterungssituationen können die Gesundheit sowie die Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden beeinträchtigen.

Der Klimawandel hat bereits heute vielfältige direkte und indirekte Auswirkungen auf die Gesundheit. Witterungs- und Klimaveränderungen können dazu führen, dass Infektionskrankheiten sowie nicht-übertragbare Krankheiten wie Allergien zunehmen oder sich die Symptome bei Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen verstärken. Extremereignisse wie Stürme, Hochwasser, Lawinenabgänge oder Erdbeben sind eine unmittelbare Gefahr für Leib und Leben, sie können außerdem zu sozialen und psychischen Belastungen und Störungen wie Stress, Angstzuständen und Depressionen führen. Der Nachweis, dass Erkrankungen oder Todesfälle klimawandelbedingte Ursachen haben, ist allerdings schwer zu führen, denn sowohl die Exposition gegenüber Risikofaktoren als auch der Gesundheitszustand des Menschen sind von zahlreichen Einflüssen abhängig. Zu berücksichtigen ist auch, dass sich zeitgleich mit dem Klimawandel demografische und gesellschaftliche Veränderungen vollziehen. Steigende Lebenserwartung erhöht das Risiko chronischer Krankheit und von Vereinsamung. Zunehmende Armut führt dazu, dass Ressourcen für gesundheitliche Vorsorge und angemessene Betreuung fehlen. Aufgrund dieser Unsicherheiten erscheint es derzeit angemessen, primär die sich verändernden Risiken, die aus dem Klimawandel für die menschliche Gesundheit resultieren, in den Blick zu nehmen.

Im Zentrum von Anpassungsbemühungen steht die gesundheitliche Vorsorge. Mit fundierten und gut zugänglichen Informationen lassen sich Bürgerinnen und Bürger motivieren, durch Verhaltensanpassungen ihre persönlichen Risiken zu mindern. Gleichzeitig bedarf es der aktiven medizinischen und pflegerischen Unterstützung besonders empfindlicher Bevölkerungsgruppen, wenn es zu gesundheitsgefährdenden Situationen beispielsweise während Hitzewellen kommt.

## Auswirkungen des Klimawandels

Hitzebelastung (GE-I-1), Hitzetote (GE-I-2).....	28
Belastung mit Ambrosiapollen (GE-I-3) .....	30
Gefährdung durch Eichenprozessionsspinner (GE-I-4) .....	32
Überträger von Krankheitserregern (GE-I-5) .....	34
Blualgenbelastung von Badegewässern (GE-I-6) .....	36

## Anpassungen

Hitzewarndienst (GE-R-1), Erfolge des Hitzewarnsystems (GE-R-2) .....	38
Informationen zu Pollen (GE-R-3) .....	40

## Hitzebelastung bringt steigende Gesundheitsrisiken

Neben steigenden Durchschnittstemperaturen wird der Klimawandel voraussichtlich auch vermehrt gesundheitlich belastende Hitzeereignisse mit sich bringen. Im Rückblick zeichnet sich seit den 1970er Jahren bereits ein Trend zur Zunahme sogenannter „Heißer Tage“ ab, an denen der Tageshöchstwert der Temperatur 30 °C oder mehr beträgt. In „Tropennächten“ sinken die Temperaturen nicht unter 20 °C, eine nächtliche Erholung ist dann insbesondere nach sehr heißen Tagen eingeschränkt. Tropennächte treten bislang in unseren Breiten im Gegensatz zu den Heißen Tagen noch selten auf. Allerdings kommt es in Jahren mit ausgeprägten Hitzewellen auch regelmäßig zur Ausbildung von Tropennächten.

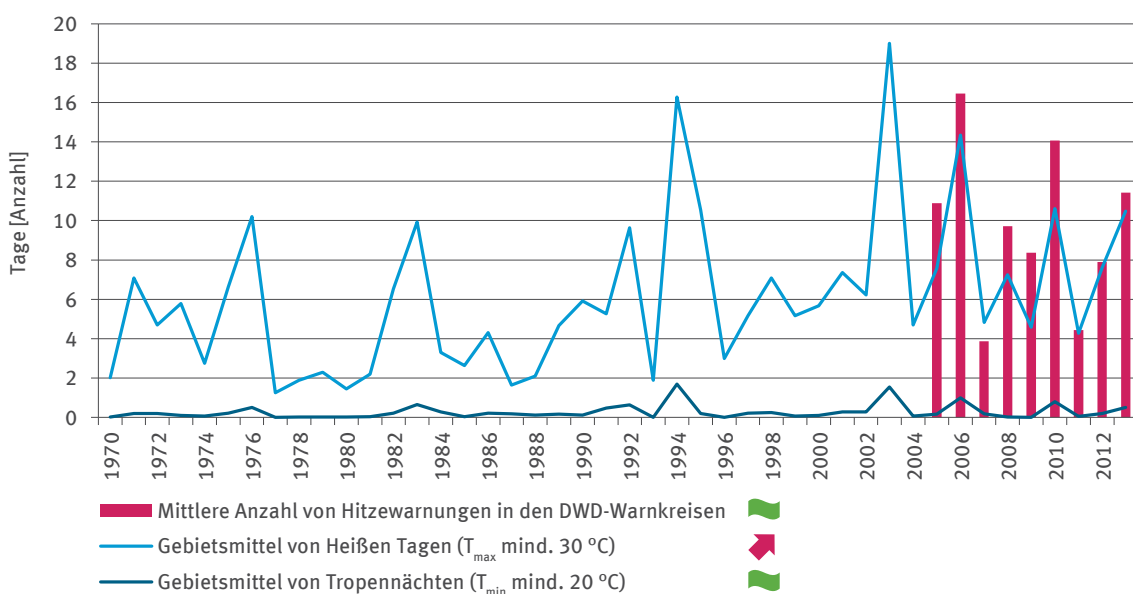
Starke Korrelationen mit der Entwicklung der Heißen Tage zeigt die Anzahl der Hitzewarnungen, die der Deutsche Wetterdienst seit 2005 im Rahmen seines Hitzewarnsystems ausspricht. Gewarnt wird, wenn an zwei aufeinander folgenden Tagen eine mindestens „starke Wärmebelastung“ von 32 bis 38 °C Gefühlter Temperatur vorhergesagt wird und es nachts nur zu

einer unzureichenden Abkühlung kommt. Sind extreme Belastungen von 38 °C und mehr zu erwarten, erfolgt in jedem Falle, d. h. auch bei kürzerer Dauer, eine Warnung (s. GE-R-1). Seit Bestehen des Hitzewarnsystems schwankte in Abhängigkeit der Witterung die mittlere Anzahl der Hitzewarnungen in den sogenannten Warnkreisen, die in ihrem Zuschnitt den Landkreisen ähnlich sind, von Jahr zu Jahr. Im Süden Deutschlands wurde im Jahresmittel an ca. drei Tagen mehr, im Norden an 3,5 Tagen weniger gewarnt als im deutschlandweiten Mittel.

Die Heißen Tage und Tropennächte sowie die Hitzewarnungen weisen auf gesundheitlich belastende Witterungssituationen hin, lassen aber keine Rückschlüsse zu, wie viele Menschen tatsächlich von Hitze gesundheitlich betroffen sind. Im Sommer 2003 hat die Hitze in Europa schätzungsweise 52.000 Menschen das Leben gekostet.<sup>1</sup> Auch in Deutschland kam es zu einem deutlichen Anstieg der Todesfälle. Von Hitze betroffen sind vor allem ältere Menschen, chronisch Kranke, kleine Kinder und allein lebende Personen. Gesunde Personen können sich besser

### GE-I-1: Hitzebelastung

Neben den steigenden Jahresmitteltemperaturen zeichnet sich in den zurückliegenden vierzig Jahren auch ein Trend zunehmender Hitzeextrema ab. Insbesondere die Zahl der Heißen Tage hat signifikant zugenommen. Für die Tropennächte lässt sich derzeit noch kein Trend erkennen. Gleiches gilt für die Zahl der Hitzewarnungen.



Datenquelle: DWD (Hitzewarnungen, Deutscher Klimaatlas)

anpassen und den Hitzefolgen aktiv entgegensteuern. Ursachen für gesundheitliche Beeinträchtigungen sind häufig hohe Flüssigkeits- und Elektrolytverluste durch Schwitzen und eine übermäßige Belastung des Herz-Kreislaufsystems durch die Anforderung eines hohen Wärmetransports.

Die repräsentative Bevölkerungsumfrage „Umweltbewusstsein in Deutschland“ im Jahr 2012 ergab, dass knapp 28 % der Befragten für die Zukunft erwarten, dass Hitzewellen ihr körperliches Wohlbefinden oder ihre Gesundheit sehr stark oder stark betreffen werden. Nur rund ein Drittel sieht sich überhaupt nicht betroffen.<sup>2</sup>

Zur Ermittlung hitzebedingter Todesfälle gibt es eine Reihe offener methodischer und datentechnischer Fragen. Deshalb stehen vorerst nur Berechnungen für das Bundesland Hessen zur Verfügung. Relevant für die Darstellung sind die sogenannten Übersterblichkeiten, also die Anzahl von Todesfällen, die über den saisonal üblichen und damit zu erwartenden Werten liegen und damit Hinweise geben, dass hier außergewöhnliche Ereignisse eine Rolle spielen. Parallelisiert man Wochen mit Übersterblichkeiten mit extrem heißen Wochen und

## Schnittstellen

GE-R-1: Hitzewarndienst

## Ziele

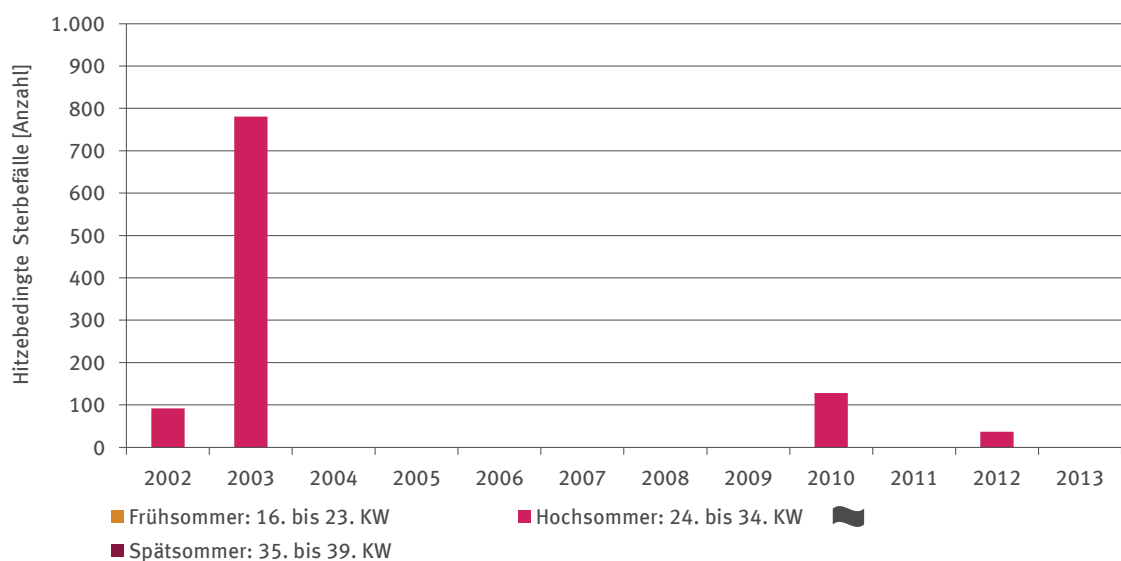
Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit (Grundgesetz, Art. 2)

Der öffentliche Gesundheitsdienst fördert und schützt die Gesundheit der Bevölkerung. (Hessisches Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst, § 1)

kann gleichzeitig andere außergewöhnliche Einflussfaktoren ausschließen, sind die Übersterblichkeiten vermutlich hitzebedingt. Die Berechnungen, die ab dem Jahr 2002 für Hessen verfügbar sind, machen deutlich, dass besonders heiße Sommer ihre Spuren in der Todesfallstatistik hinterlassen. Bisher kam es nur im Hochsommer zu Übersterblichkeiten. Sollte es künftig Hitzewellen vermehrt schon im Frühsommer geben, wird sich dies in der Statistik niederschlagen, denn die Menschen sind in dieser Jahreszeit noch nicht an so hohe Temperaturen gewöhnt.

## GE-I-2: Hitzetote – Fallstudie

Hitzewellen können die Sterblichkeit über die saisonal üblichen Werte im Sommer hinaus ansteigen lassen. Im Hitzesommer 2003 starben im Bundesland Hessen 781 Menschen mehr als für einen „normalen“ Sommer zu erwarten gewesen wäre. Einen Trend gab es bisher in Hessen nicht.



Datenquelle: Hessisches Landesprüfungs- und Untersuchungsamt im Gesundheitswesen (Erhebungen im Rahmen des Surveillance-Systems „Beschleunigte Erfassung von Sterbefällen“), Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Daten zur Tagesmitteltemperaturen)

## Allergene Pflanzen gewinnen an Boden

In Deutschland leiden rund 18 Millionen Menschen unter allergischen Erkrankungen.<sup>3</sup> Mehrere klinische Studien zeigen einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Pollen und dem Vorkommen des allergischen Schnupfens. Das Pollenaufreten wiederum ist stark von der Witterung bzw. dem Klima beeinflusst. Ein insgesamt milderes Klima mit einer längeren Vegetationsperiode begünstigt längere Pollenflugzeiten und höhere Pollenkonzentrationen. Möglicherweise nimmt auch die Wirksamkeit von Pollenallergenen mit höheren Temperaturen zu. Wird es wärmer, können außerdem wärmeliebende Pflanzenarten, die bisher in Deutschland nicht heimisch waren und ein hohes allergenes Potenzial haben, einwandern.

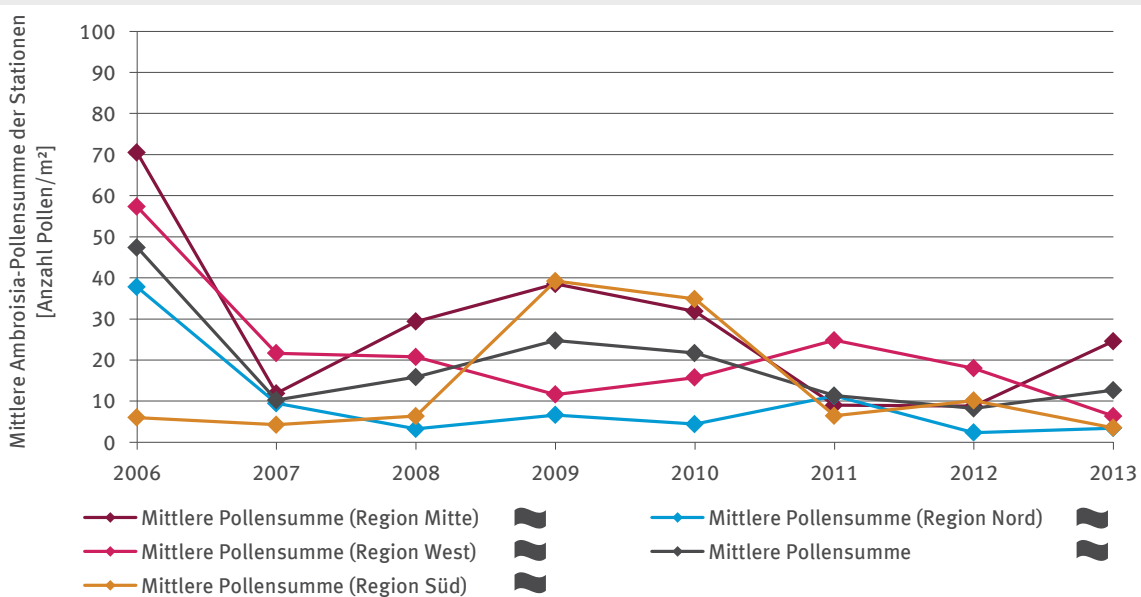
Das aus Nordamerika stammende Beifußblättrige Traubenkraut, kurz Beifuß-Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*), war in Deutschland lange ein relativ seltenes und unbeständiges Unkraut. Erst seit Anfang der 1990er Jahre nehmen die Bestände zu. Heute kommt die

Beifuß-Ambrosie in allen Bundesländern vor und bildet vor allem in Süd- und Ostdeutschland örtlich auch schon größere, etablierte Bestände mit vielen tausend Pflanzen. Die Pflanze wächst in Gärten, auf nicht genutzten oder brach gefallenen Flächen, Äckern und Schnittblumenfeldern, landwirtschaftlichen Stilllegungsflächen, Baustellen sowie an Straßen- und Wegrändern. Ursache der Ausbreitung der Art sind unter anderem die Einfuhr von Vogelfutter oder von Wildacker- oder Blumensaaten, die mit Ambrosiasamen verunreinigt sind, der Transport von Erde aus befallenen Gebieten im Zuge von Baumaßnahmen oder das Anhaften an landwirtschaftlichen Maschinen oder an Mähgeräten, die an Straßenrändern eingesetzt werden. Zur Begrenzung der Verunreinigung von Futtermitteln mit Ambrosiasamen ist im Jahr 2011 eine EU-Verordnung in Kraft getreten.

Dass sich die Ambrosie in Deutschland ausbreiten und etablieren kann, wird aber in erheblichem Maße auch mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht, denn die

### GE-I-3: Belastung mit Ambrosiapollen

Die Ausbreitung und Etablierung der Beifuß-Ambrosie wird vermutlich durch den Klimawandel begünstigt. Noch zeigen die Ergebnisse der Pollenmessungen aber keine signifikanten Trends.



Datenquelle: Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst (Pollenfallen)

einjährige Pflanze erreicht die zur Verbreitung erforderliche Samenreife nur in warmen oder gemäßigten Klimaten mit milden Herbstmonaten. Ein systematischer wissenschaftlicher Nachweis für diesen Zusammenhang konnte allerdings noch nicht geführt werden. Ähnliche Befürchtungen zur Ausbreitung und Etablierung gibt es für weitere hoch allergene wärmeliebende Pflanzen wie beispielsweise das Glaskraut (*Parietaria officinalis*, *P. judaica*).

Die Pollen der Beifuß-Ambrosie gelten als hoch allergen. Bei spezifisch sensibilisierten Personen können bereits geringe Pollenkonzentrationen, d. h. rund zehn Pollen pro Kubikmeter Luft, allergische Symptome wie Heuschnupfen, bei bis zu einem Viertel der betroffenen Allergiker auch Asthma auslösen. Ferner wird von Hautreaktionen nach Hautkontakten mit dem Blütenstand oder anderen Pflanzenbestandteilen berichtet. Hinzu kommt, dass sich mit der Verbreitung der Beifuß-Ambrosie die Flugzeit allergener Pollen im Jahr bis Ende Oktober verlängert, da die Pflanze zu den Spätblüheren zählt. Das bedeutet eine zusätzliche Belastung für Allergiker.

Die derzeitigen Pollenkonzentrationen der Beifuß-Ambrosie in Deutschland sind zwar noch gering, allerdings regional sehr unterschiedlich. Ferntransporte aus stärker belasteten Nachbarländern können in einigen Gebieten zu besonders starkem Pollenaufreten führen. Trendausagen zur Entwicklung der in Deutschland gemessenen Pollensummen sind auf Grundlage der noch relativ kurzen Zeitreihe mit Unsicherheiten behaftet, zumal die hohen Werte aus dem Jahr 2006 die Trendberechnung stark prägen. Auch bezüglich der Belastungssituation in den vier Hauptregionen Nord, West, Mitte und Süd zeichnet sich noch kein klares Muster ab. Deutlich ist nur, dass im Norden i. d. R. mit geringeren Pollenbelastungen zu rechnen ist.

Die gemessene Pollensumme erlaubt keine gesicherten Rückschlüsse auf das Risiko der Bevölkerung, tatsächlich mit den Pollen in Kontakt zu kommen, oder das Risiko, eine Sensibilisierung oder allergische Reaktionen zu entwickeln. Dennoch sollte aus Gründen der Vorsorge unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit alles getan werden, um die weitere Ausbreitung der Pflanze in Deutschland zu unterbinden.



Der Klimawandel begünstigt die Ausbreitung und Etablierung hoch allergener Arten wie der Beifuß-Ambrosie. (Foto: Erika Hartmann / pixelio.de)

## Schnittstellen

GE-R-3: Informationen zu Pollen

## Ziele

Prüfung von Maßnahmen zur Eindämmung der Ausbreitung der Beifuß-Ambrosie durch Bund und Länder (DAS, Kap. 3.2.1)

Deutschland so weit wie möglich von Vorkommen der Art frei halten (Aktionsprogramm Ambrosia des Julius Kühn-Instituts 2007)

## Neue Allergene geben Anlass zur Besorgnis

Infolge des Klimawandels können neben allergenen Pflanzen auch wärmeliebende Tierarten vermehrt Auslöser von gesundheitlichen Gefährdungen oder Beeinträchtigungen sein. Zu diesen Arten gehört möglicherweise unter anderem der Eichenprozessionsspinner, kurz EPS (*Thaumetopoea processionea*). Er ist ein in Deutschland lebender heimischer Nachtfalter, dessen Raupen sich bevorzugt von Eichenblättern ernähren. Als wärmeliebende Art bevorzugt er zur Eiablage Eichen in sonnenexponierten Lagen wie beispielsweise an Waldrändern, in Parkanlagen, Gärten, Sport- und Campingplätzen sowie Schwimmbädern etc. Seine zunehmende Nachweisdichte wird mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht.

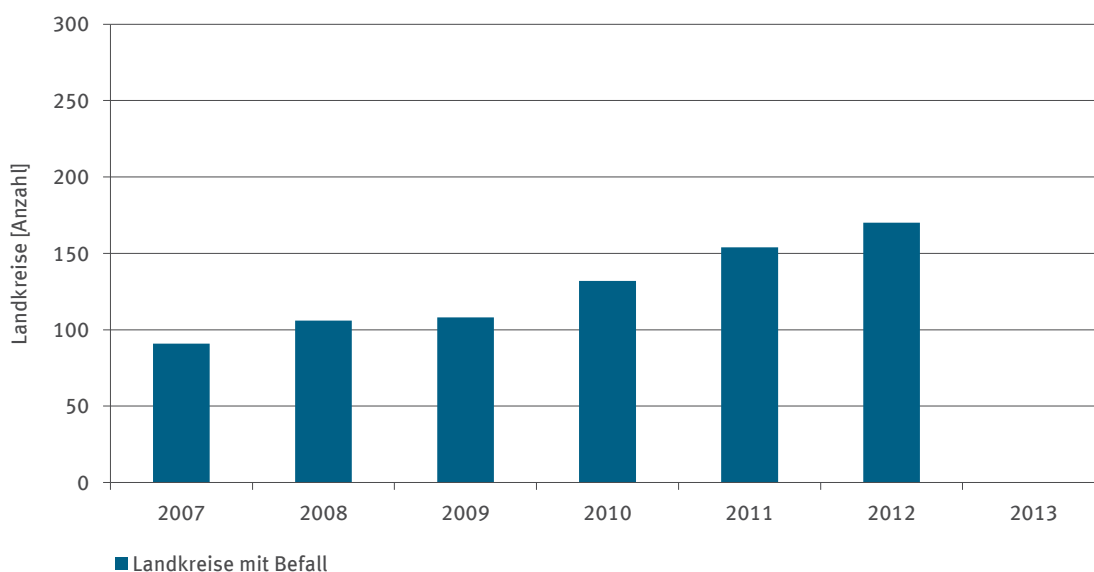
Der EPS kann unter Umständen aus gesundheitlicher Sicht ein Problem sein. Die Raupen bilden feine Härchen aus, die innen hohl sind und das Eiweißgift Thaumetopoein beinhalten. Die Haare sind zudem mit Widerhaken versehen und können sich an der Haut festhaken.

Werden Bäume vom EPS befallen, sammeln sich auch in den Raupennestern große Mengen dieser Härchen an, von denen auch mehrere Jahre nach dem Befall noch immer eine Gefährdung ausgehen kann. Kommt der Mensch mit den Haaren in Berührung, sei es durch direkten Hautkontakt oder durch Einatmung der leicht vom Wind verfrachtbaren feinen Härchen, kann dies zu toxisch-irritativen, selten auch zu allergischen Reaktionen führen. Als Krankheitsbilder werden neben allergischen Reaktionen und der Raupen-Dermatitis, die mit starkem Juckreiz, Hautrötung, Quaddeln und Bläschen verbunden ist, auch Augenbindehaut- bzw. Hornhautentzündungen oder Entzündungen im Rachenbereich und in den Bronchien beschrieben. Vor allem für die Berufsgruppen im Forst ist der EPS-Befall ein großes Problem, da sie bei Ausübung ihrer forstlichen Tätigkeiten der Waldarbeit in besonderer Weise exponiert sind.

Für den Umgang mit dem EPS gibt es verschiedene Herangehensweisen. Bei einer geringen Befallsdichte

### GE-I-4: Gefährdung durch Eichenprozessionsspinner

Der Befall mit dem wärmeliebenden Eichenprozessionsspinner hat in den zurückliegenden Jahren stetig zugenommen. Dies wird u. a. mit den günstigeren klimatischen Bedingungen in Verbindung gebracht. Der Befall kann unter Umständen sowohl aus gesundheitlicher als auch forstlicher Sicht ein Problem darstellen.



Datenquelle: Julius Kühn-Institut (Umfragen bei den Forstlichen Versuchsanstalten der Länder)



und einer geringen Nutzung betroffener Gebiete durch den Menschen im urbanen Grün können Warnhinweisschilder aufgestellt oder befallene Areale vorübergehend gesperrt werden. Eine physikalische oder mechanische Bekämpfung wie beispielsweise das Absaugen von Raupennestern und -haaren ist punktuell oder kleinräumig anwendbar. Sie sollte nur von sachkundigen Anwendern durchgeführt werden, da es ohne entsprechende Schutzausrüstung zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen kommen kann.

Je nach Belaubbungszustand und Witterungsverlauf ist eine zielgerichtete chemische Bekämpfung des EPS nicht unter allen Umständen möglich. Darauf ist bei der Planung der Bekämpfung zu achten. Für eine Bekämpfung aus Gründen des Gesundheitsschutzes im Siedlungsbereich sind nach dem Biozidrecht zurzeit verschiedene Insektizide anwendbar. Die Prüfung und Bewertung der einzelnen Mittel vor allem auch im Hinblick auf den Anwendungszweck EPS sind Bestandteil des Biozidprodukt-Zulassungsverfahrens.

In den letzten 15 bis 20 Jahren hat sich der EPS wieder kontinuierlich und teilweise auch stark vor allem im unmittelbar und häufig vom Menschen genutzten städtischen Raum und in Siedlungsbereichen vermehrt. Die Pflanzenschutzdienste der Länder meldeten in den vergangenen Jahren einen zunehmenden Befall durch die Art. Befall bedeutet in diesem Zusammenhang, dass es EPS-Vorkommen gibt, dieser Befall mit Problemen für die menschliche Gesundheit verbunden ist und / oder Bekämpfungsmaßnahmen erfolgt sind. Genauere Aussagen zur flächenhaften Ausdehnung des Befalls innerhalb der als befallen gemeldeten Landkreise stehen zurzeit noch nicht zur Verfügung.

Neben der gesundheitlichen Problematik zeichnen sich auch aus forstlicher Sicht mögliche Beeinträchtigungen ab. Lange galt der EPS als nicht bestandsgefährdend für die Eiche. In den vergangenen Jahren zeigte sich aber, dass mehrjähriger intensiver Fraß der Larven an den Blättern der Eichen zum Absterben von Bäumen führen und der EPS ein Problem für die Forstwirtschaft sein kann. Wenn bei der EPS-Bekämpfung der Schutz des Waldes im Vordergrund steht, gilt das Pflanzenschutzgesetz (PflSchG). Mit Inkrafttreten des PflSchG 2012 gilt in Umsetzung der EU-Rahmenrichtlinie zur nachhaltigen Verwendung von Pestiziden (RL 2009/128/EG) ein generelles Verbot der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln mit Luftfahrzeugen. Ausnahmen vom Verbot können für Anwendungen im Wald erteilt werden. Die Anwendungen müssen auf Antrag (z. B. der Forstbehörde oder eines Waldbesitzers) genehmigt werden. Für 2014



Über einen Befall mit dem Eichenprozessionsspinner informieren aufgestellte Warntafeln oder die Absperrung der Gebiete. (Foto: Jetti Kuhlemann / pixelio.de)

sind mehrere Mittel zugelassen, bei deren Ausbringung die entsprechenden Anwendungsbestimmungen und Auflagen einzuhalten sind. Eine chemische Bekämpfung sollte nur dann bedacht werden, wenn für die betroffenen Waldflächen ein Kahlfraß zu erwarten ist.

## Schnittstellen

FW-I-5: Schadholzaufkommen durch Buchdrucker

## Exotische Mücken bergen neue Gesundheitsrisiken

Die Erreger von Malaria, Dengue, Leishmaniose, Q-Fieber oder Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) werden von Tieren, sogenannten Vektoren, auf den Menschen übertragen und verbreitet. Es wird befürchtet, dass in Deutschland unter künftig veränderten Klimabedingungen sowohl für die tierischen Überträger wie beispielsweise Stechmücken oder Zecken als auch für die Erreger selbst günstigere Bedingungen herrschen und infolge dessen auch das Infektionsrisiko für den Menschen steigt.

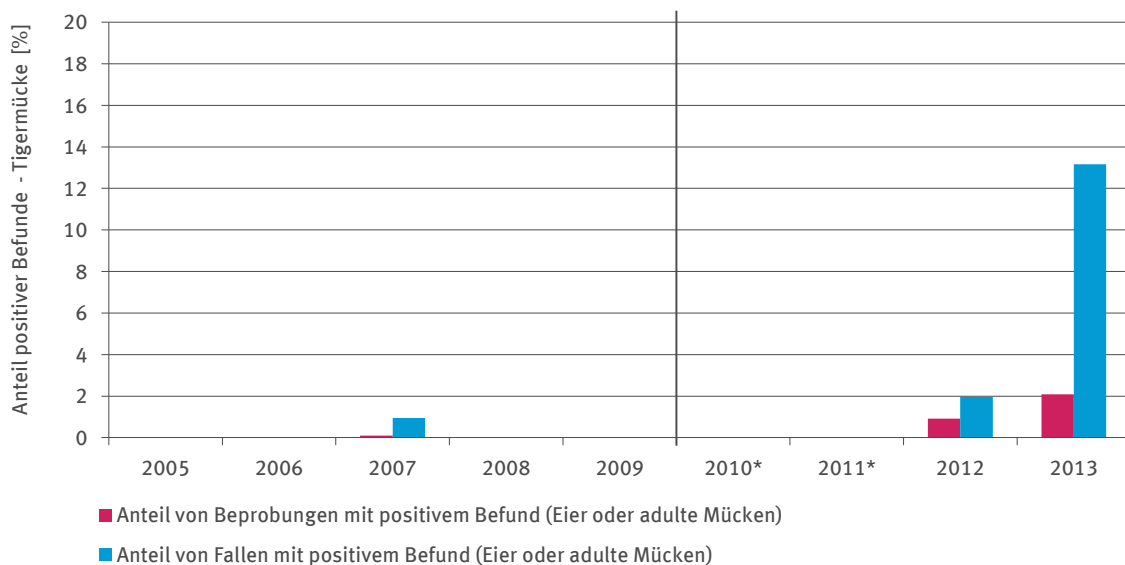
Die Mechanismen, die für die Aufnahme, Entwicklung und Vermehrung von Krankheitserregern in Vektoren und die Übertragung auf Tiere und Menschen verantwortlich sind, sind hoch komplex und in vielen Fällen auch noch nicht vollständig aufgeklärt. Veränderte klimatische Verhältnisse können an mehreren Stellen dieses Zusammenwirkens von Krankheitserregern und Vektoren Einfluss auf die Entwicklungen nehmen. Verändern sich für die tierischen Vektororganismen die klimatischen

Verhältnisse ihrer Umwelt, kann dies unter anderem Änderungen in ihrem Verhalten, ihrer Vermehrungsrate, ihrer Lebensdauer, ihrer Populationsdichte oder ihrer Biotopwahl zur Folge haben. Auch ihre Effizienz bei der Übertragung von Krankheitsüberträgern kann beeinflusst sein. Milde Winter können beispielsweise dazu führen, dass die Tiere längere Zeit im Jahr aktiv sind, sich schneller vermehren und mehr Generationen ausbilden.

Außerdem kann es dazu kommen, dass sich ursprünglich in Deutschland nicht heimische Vektorarten, die aus warmen Ländern eingeschleppt werden, hier etablieren und verbreiten. Das gelingt diesen Arten insbesondere dann, wenn sie Varianten ausbilden, die beispielsweise durch höhere Kältetoleranz der Weibchen oder überdauernde Eier auch an nicht tropische Bedingungen angepasst sind. Ähnliche Zusammenhänge gelten für die Erreger der Krankheiten selbst. Auch diese können von der Klimaerwärmung in ihrer Entwicklung und Etablierung profitieren.

### GE-I-5: Überträger von Krankheitserregern – Fallstudie

Wärmere Klimabedingungen können die Etablierung und Ausbreitung der Asiatischen Tigermücke in Deutschland begünstigen. Wächst zugleich auch die Durchseuchung der Mücke mit Krankheitserregern, steigt die Infektionsgefahr für den Menschen. Vor allem zwischen 2012 und 2013 haben die positiven Befunde von Eiern und Mücken in Fallen und Beprobungen im Oberrheingebiet deutlich zugenommen.



Datenquelle: Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage KABS e.V. (Mückenmonitoring)

\*) Für die Jahre 2010 und 2011 stehen keine Daten zur Verfügung, ab 2012 Fortsetzung der Erhebungen mit anderen Fallentypen.

Die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Vektor- bzw. Erregerausbreitung ist noch im Aufbau. Während die Erfassung der meisten von Vektoren übertragenen Infektionskrankheiten aufgrund der Regelungen des Infektionsschutzgesetzes (u. a. Meldepflichten) bereits systematisch und i. d. R. auch bundesweit stattfindet, mangelt es noch an einem großflächig angelegten Monitoring von Vorkommen und Verbreitung von Vektorarten und deren Durchseuchung mit den Erregern. Aufgrund dessen beschränkt sich die links stehende Darstellung beispielhaft nur auf einen Vektor, die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*), eine ursprünglich aus Südostasien stammende Stechmückenart. Sie gilt als hocheffizienter Vektor, der über 20 unterschiedliche Viren übertragen kann.

Die Tigermücke ist in Südeuropa inzwischen in einer aus den USA stammenden, bereits an nicht tropische Verhältnisse angepassten Form etabliert. Demgegenüber sind aus Deutschland bisher nur Einzelfunde von Eiern, Larven und erwachsenen Tieren bekannt. Mit dem wachsenden Personen- und Warenverkehr besteht allerdings das Risiko, dass in zunehmenden Maße Einzelindividuen aus Südeuropa und anderen nicht tropischen Regionen nach Deutschland eingeschleppt werden und sich da, wo sie günstige Klimaverhältnisse vorfinden, auch etablieren und weiter ausbreiten. Damit sind erste Voraussetzungen geschaffen, dass sich auch Erreger wie die des Chikungunya-Fiebers, des Dengue-Fiebers oder anderer Virusinfektionen mit den Stechmücken assoziieren und das Risiko von Infektionen des Menschen steigt. Allerdings sind genauere Prognosen bisher nicht möglich.

Die Rheinebene ist innerhalb Deutschlands bereits heute eine wärmebegünstigte Region. Sie gilt deshalb als eine wichtige Eintrittspforte wärmeliebender Arten aus den Nachbarländern (u. a. der Schweiz und Italien) nach Deutschland. Seit dem Jahr 2005 wird das Auftreten der Tigermücke im Oberrheingebiet erfasst. Im Jahr 2007 gab es einen ersten Nachweis. Damals wurden 105 Fallen untersucht und in einer von über tausend Beprobungen fünf Eier der Tigermücke nachgewiesen. Nach einer Unterbrechung des Monitoring in den Jahren 2010 und 2011 und der Aufstellung neuer Fallentypen kam es im Jahr 2012 erneut zu positiven Befunden, es wurden insgesamt acht Tiere gefunden. Ein Prozent aller Fallenbeprobungen war positiv. Im Jahr 2013 ergaben bereits 13 % aller Fallen und etwas über 2 % aller Beprobungen Nachweise von Eiern oder ausgewachsenen Mücken. Auch wenn im Jahr 2013 gegenüber dem Vorjahr mehr Fallen aufgestellt waren und mehr Beprobungen stattgefunden haben, deuten die gefundenen 149 Eier und 14 Mücken darauf hin, dass es sich inzwischen nicht mehr um Einzelfunde handelt.



Die Asiatische Tigermücke kann eine Vielzahl von Krankheitserregern übertragen.  
(Foto: Sean McCann - Asian Tiger Mosquito / flickr.com  
CC BY-NC-SA 2.0)

## Ziele

Bund und Länder sollten zusätzliche Daten gewinnen und analysieren, um epidemiologische Entwicklungen in Deutschland rechtzeitig zu erkennen, ihre Ursachen und Zusammenhänge zu verstehen, Risiken besser abschätzen zu können und Präventions- und Interventionsstrategien zu entwickeln. (DAS, Kap. 3.2.1)

## Blualgen – Beeinträchtigung des Badevergnügens

Wenn in Zukunft die Temperaturen im Sommer ansteigen, wird das Bedürfnis der Menschen nach einem kühlenden Bad in Seen, Flüssen und im Meer zunehmen. Gleichzeitig kann der Klimawandel aber die Qualität von Badegewässern nachteilig beeinflussen. Ein im Zusammenhang mit dem Klimawandel viel diskutiertes Gesundheitsrisiko ist die Belastung von Badegewässern mit Cyanobakterien, landläufig auch als Blualgen bezeichnet.

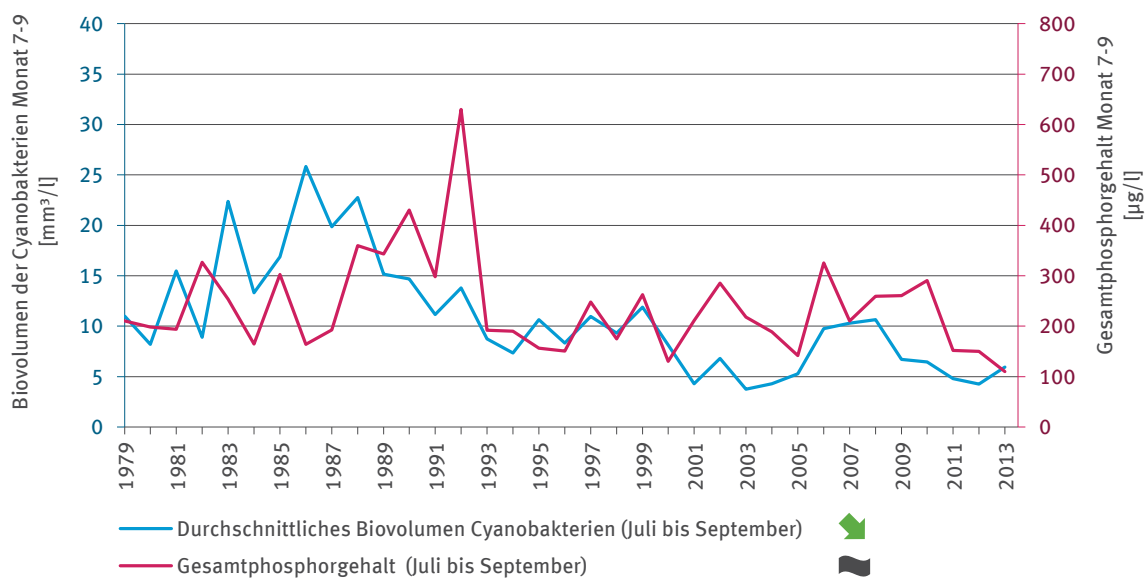
Zu erhöhten Konzentrationen von Cyanobakterien kommt es vor allem in Gewässern, die reich an Pflanzennährstoffen, vor allem an Gesamtphosphor, sind. Allerdings lässt sich daraus nicht grundsätzlich schließen, dass alle nährstoffreichen, also eutrophen Gewässer auch zu Massenvermehrung von Cyanobakterien neigen, denn die Cyanobakterien müssen sowohl mit höheren Wasserpflanzen als auch mit anderen Phytoplankton-Arten um die verfügbaren Nährstoffe konkurrieren. Die Konkurrenzbedingungen sind dann für die Blualgen besonders

günstig, wenn starke Sonneneinstrahlung und hohe Temperaturen bereits im Frühjahr zu einer stabilen thermischen Schichtung des Gewässers führen. Dann kann es auch bei den langsam wachsenden Cyanobakterien zu Massenentwicklungen, sogenannten „Wasserblüten“ kommen. Aufgrund dieser Abhängigkeit der Blualgenblüte von den Witterungsbedingungen wird ein Zusammenhang zwischen dem Klimawandel, der Wassererwärmung und gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch Cyanobakterien diskutiert.

Durch Baden in stark blualgenhaltigem Wasser treten – Beobachtungen zufolge – vermehrt Symptome wie Haut- und Schleimhautreizungen und allergische Reaktionen, aber auch Magen-Darm- und Atemwegserkrankungen auf. Ob diese letztendlich durch die cyanobakteriellen toxischen Inhaltsstoffe (Cyanotoxine) oder Begleitbakterien verursacht sind, ist noch nicht geklärt. Bei der Aufnahme größerer Mengen von Cyanotoxinen kann es zu schwerwiegenden Schädigungen an Leber, Nieren und

### GE-I-6: Blualgenbelastung von Badegewässern – Fallstudie

Witterungsabhängig kann es an Badegewässern in der Badesaison zu gesundheitlichen Risiken durch erhöhte Konzentrationen von Blualgen kommen. Die Erhebungen am Berliner Müggelsee zeigen, dass es aufgrund stark reduzierter Nährstoffeinträge ab Ende der 1980er zu einem deutlichen Rückgang der Belastungen gekommen ist, allerdings zeigen die letzten zwölf Jahre keine klaren Trends mehr.



Datenquelle: Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei IGB (Seenmonitoring)

Nerven kommen. Besonders gefährdet sind Kleinkinder und Kinder im Grundschulalter, die beim Krabbeln oder Toben im Flachwasserbereich unbeabsichtigt auch größere Wassermengen schlucken können, oder ungeübtere Wassersportler, die beim Surfen und Wasserskifahren mit Cyanobakterien belastetes Wasser nicht nur verschlucken, sondern auch über die Atmung aufnehmen. Ist das Wasser deutlich sichtbar durch Cyanobakterien getrübt oder bilden sich gar Schlieren an der Wasseroberfläche, wird vom Baden abgeraten.

Beobachtungen haben gezeigt, dass die Zusammenhänge bei der Entwicklung von Blaualgenbelastungen komplex und Verallgemeinerungen außerordentlich schwierig sind. Je nach Nährstoffverfügbarkeit, Größe, Tiefe, Windexposition und Nutzung kann die Entwicklung im jeweiligen Gewässer sehr unterschiedlich verlaufen. Um bundesweit repräsentative Aussagen treffen zu können, müssten mehrere Badegewässer in die Betrachtung einbezogen werden. Allerdings sind die Untersuchungen an Gewässern zum Blaualgenvorkommen derzeit noch sehr unterschiedlich. Oftmals werden die Messungen zu selten durchgeführt, um systematisch Belastungen erfassen zu können. Aussagen, ob es in Deutschland in den vergangenen Jahren generell an den Badegewässern zu einer vermehrten Blaualgenbelastung gekommen ist, sind mit den zurzeit verfügbaren Daten nicht möglich.

Exemplarisch lässt sich die Entwicklung der letzten dreißig Jahre anhand von Daten zum Großen Müggelsee aufzeigen. Der größte der Berliner Seen hat vor allem für die östlichen Stadtteile einen hohen Freizeit- und Erholungswert. Seit den 1980er Jahren ist die Biomasse von Blaualgen zurückgegangen. Der starke Rückgang Ende der 1980er bis Anfang der 1990er Jahre ist vor allem Folge der verminderten Nährstoffeinträge über die Spree nach der politischen Wende 1989. Seit Mitte der 1990er Jahre zeichneten sich dann allerdings weder bei der Phosphorbelastung noch der Blaualgen-Biomasse klare Trends ab. Dies liegt zum einen daran, dass die Phosphorbelastung noch immer die kritische Grenze überschreitet, ab der sich Blaualgenblüten ausbilden können. Zum anderen kommt es im Zuge der Erwärmung immer wieder zu länger andauernden und stabileren Schichtungen des Wasserkörpers. Diese fördern in besonderer Weise die Entwicklung der Blaualgen, die in diesen Phasen dann auch sehr hohe Anteile an der gesamten Phytoplanktonbiomasse erreichen können. Die teilweise starken Schwankungen der Blaualgenbelastung zwischen den Jahren sind im Wesentlichen auf die unterschiedliche Ausprägung der Schichtungsereignisse in den jeweiligen Jahren zurückzuführen. So war beispielsweise im Hitzesommer 2003 die sommerliche



Baden in Gewässern mit Blaualgenbelastung ist ein Gesundheitsrisiko. (Foto: Ingrid Chorus / Umweltbundesamt)

Schichtung deutlich weniger stabil als 2006, einem Jahr in dem eine vergleichsweise hohe Blaualgenbiomasse und ein Anteil der Blaualgen von fast 80 % an der Phytoplanktonbiomasse messbar waren. Häufiger auftretende längere und stabilere Schichtungen können künftig die positiven Auswirkungen verminderter Nährstoffeinträge auf die Blaualgenbelastung konterkarieren, solange die Nährstoffkonzentration im Gewässer nicht in Bereichen liegt, die das Blaualgenwachstum deutlich limitieren ( $< 30 \mu\text{g}$  Gesamtphosphat pro Liter).

## Schnittstellen

WW-I-6: Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern

WW-I-7: Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern

## Ziele

Bei Massenvermehrung von Cyanobakterien und einer Gefährdung der Gesundheit unverzüglich angemessene Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Vermeidung einer Exposition gegenüber dieser Gefahr und Information der Öffentlichkeit (Richtlinie 2006/7/EG – Badegewässer-Richtlinie, Art. 8)

## Rechtzeitige Hitzewarnungen – Voraussetzung für gute Prävention

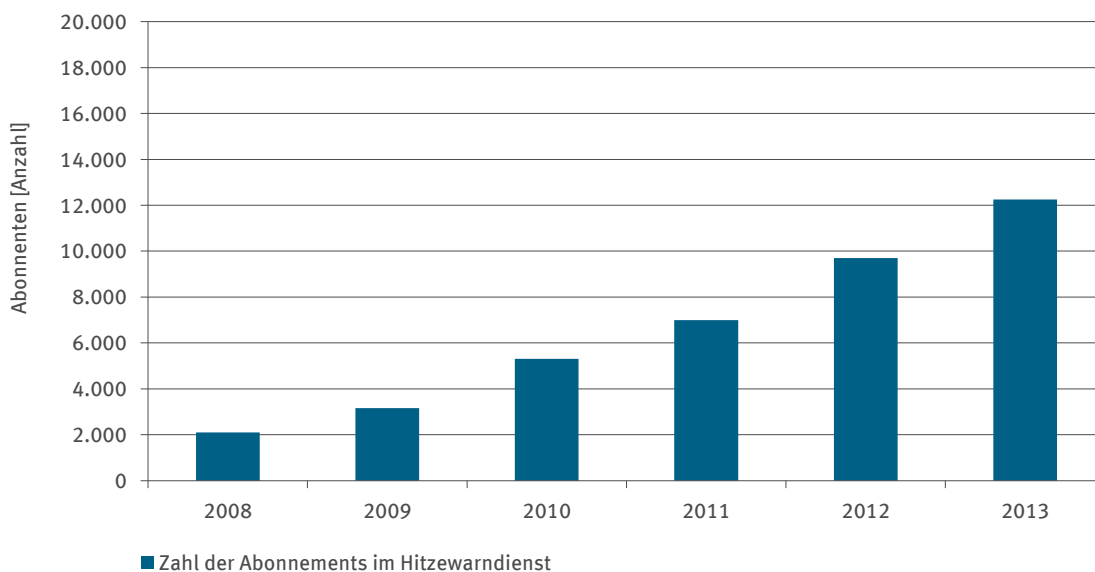
Insbesondere in Einrichtungen der stationären Alten- und Behindertenhilfe führte die Hitzeperiode im Sommer 2003 zu vermehrten Krankenhauseinweisungen von Bewohnerinnen und Bewohnern infolge von Flüssigkeitsmangel oder zu erhöhten Sterblichkeitsraten durch Überhitzung. Um den stationären Einrichtungen und alleinlebenden Personen die Möglichkeit zu geben, sich auf Hitzewellen vorzubereiten und rechtzeitig Vorsorge- und Schutzmaßnahmen zu ergreifen, hat der Deutsche Wetterdienst (DWD) im Jahr 2005 ein Hitzewarnsystem eingerichtet. Differenziert für Warnkreise, die im Wesentlichen dem Zuschnitt der Landkreise entsprechen, werden täglich Hitzewarnungen für den aktuellen und den folgenden Tag ausgesprochen, sobald die „Gefühlte Temperatur“ definierte Schwellenwerte erreicht.

Die Ausgabe von Hitzewarnungen erfolgt auf unterschiedlichen Wegen, über das Internet, über das Abonnement des „Newsletter Hitzewarnungen“ oder seit Juli 2013 auch über Android App. Einrichtungen des Gesundheitswesens

wurden bis Ende 2010 aktiv über E-Mail, ftp oder Fax informiert. Im Jahr 2011 hat der DWD das System für die Einrichtungen des Gesundheitswesens mit dem Ziel umgestellt, den Newsletter als alleinigen Informationskanal zu etablieren. Die Umstellung auf die Newsletter-Abonnements konnte im Laufe des Jahres 2011 nahezu komplett vollzogen werden. Der Newsletter wird zunehmend auch von Privatpersonen genutzt. Die Zahl der Abonnements ist in den zurückliegenden Jahren kontinuierlich gestiegen. Um tatsächlich wirksam zu werden, müssen den Hitzewarnungen aber auch konkrete Maßnahmen folgen. Hierzu gehören die Vermeidung starker körperlicher Anstrengungen, die Aufnahme von genug Flüssigkeit, die Sicherstellung des Elektrolytausgleichs sowie Maßnahmen zur aktiven und passiven Kühlung der Räume. In Einrichtungen der Alten- und Behindertenhilfe leben Menschen, die diese Maßnahmen nicht in jedem Falle selbständig ergreifen können. Die Betreuungs- und Pflegepersonen müssen hier aktive Unterstützung leisten, d. h. nach Bekanntwerden einer Hitzewarnung angemessene Vorsorgemaßnahmen treffen.

### GE-R-1: Hitzewarndienst

Der „Newsletter Hitzewarnungen“ des DWD informiert, wenn für den aktuellen und den nächsten Tag mit einer mindestens „starken Wärmebelastung“ von 32 bis 38 °C oder einer extremen Wärmebelastung mehr als 38 °C gefühlter Temperatur gerechnet werden muss. In den zurückliegenden fünf Jahren hat sich die Zahl der Newsletter-Abonnenten (stationäre Einrichtungen und Privatpersonen) kontinuierlich erhöht.



Datenquelle: DWD (Hitzewarndienst, Aufzeichnungen zu den Newsletter-Abonnenten und ausgegebenen Warnungen)

Eine systematische bundesweite Prüfung, welche Maßnahmen von den Hitzewarnungen tatsächlich ausgelöst werden, findet derzeit noch nicht statt, ist aber in Planung. In Hessen führt die Betreuungs- und Pflegeaufsicht seit 2009 an Hitzetagen gezielt stichprobenhafte Kontrollen in den stationären Einrichtungen durch. Sie prüft, ob in angemessenem Umfang präventive Maßnahmen durchgeführt werden, berät im Falle von Mängeln und trifft ggf. Anordnungen zur Mängelbeseitigung. Seit 2009 erstrecken sich die Kontrollen jährlich auf ca. 10 bis 25 % aller Einrichtungen. In Jahren mit mehr Hitzetagen, wie beispielsweise in 2010, kommt es zu umfangreicheren Kontrollen. Geprüft wird nach einem einheitlichen Kriterienkatalog. Wenn Einrichtungen an Hitzetagen ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern kostenlos Getränke anbieten, lässt sich daraus schlussfolgern, dass eine Sensibilisierung für die nachteiligen Auswirkungen von Hitzewellen stattgefunden hat. Wird die Leistungsfähigkeit der Mitarbeitenden aufrechterhalten, stellt dies letztendlich auch die angemessene Versorgung der Bewohnerinnen und Bewohner sicher. Zu einer kostenlosen Getränkeausgabe an die Bewohnerinnen und Bewohner selbst sind die Einrichtungen im Rahmen einer

### Schnittstellen

GE-I-1: Hitzebelastung

GE-I-2: Hitzetote

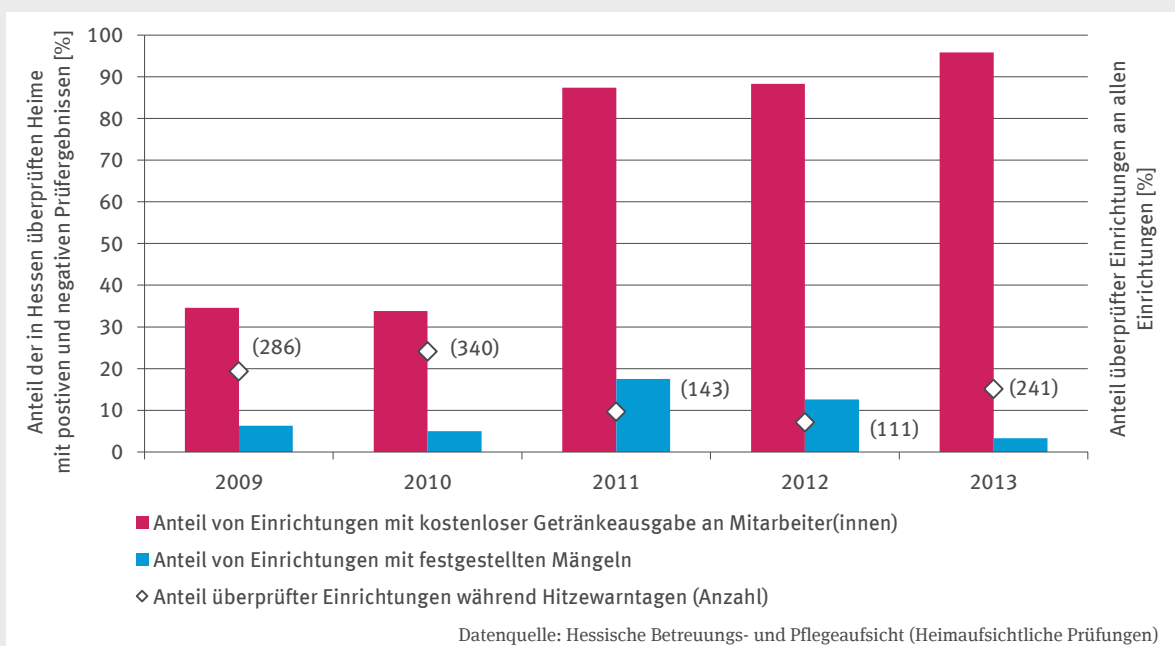
### Ziele

Förderung der zielorientierten, sachgerechten Aufklärung der Bevölkerung, von Risikogruppen, Multiplikatorinnen und Multiplikatoren wie dem Personal in Medizin und Katastrophenschutz; stärkere Vernetzung zwischen dem DWD, den informierten Stellen auf Länder- und Landkreisebene sowie Einrichtungen des Gesundheitswesens, des Katastrophenschutzes oder Einrichtungen wie Schulen und Kindergärten, um vor Ort vorbeugende und akute Maßnahmen ergreifen zu können (DAS, Kap. 3.2.1)

bedarfsangemessenen Versorgung verpflichtet. Im Jahr 2013 hat eine solche kostenlose Getränkeausgabe an die Mitarbeitenden bereits in fast 96 % aller Heime stattgefunden. In den letzten drei Jahren konnte eine deutliche Verbesserung erreicht werden.

## GE-R-2: Erfolge des Hitzewarnsystems – Fallstudie

In den stationären Einrichtungen der Alten- und Behindertenhilfe in Hessen lösen die Hitzewarnungen präventive Maßnahmen aus. Die stichprobenhafte Kontrolle von Einrichtungen an Hitzetagen deckt aber nach wie vor Mängel auf, die jedoch in den letzten drei Jahren rückläufig waren.



## Allergiker brauchen Information

„Heuschnupfen“ ist der landläufige und zugleich verharmlosende Begriff für eine Pollenallergie. Pollenallergien sind aber nicht harmlos, sie können mit hohen Einbußen an Lebensqualität und schwerwiegenden gesundheitlichen Beeinträchtigungen verbunden sein. Insbesondere wenn die allergische Entzündung von Nase und Augen auf die Bronchien übergreift, kann es zu chronischen Atembeschwerden und irreversiblen Umbauvorgängen in den Bronchien und der Lunge kommen. Einer von drei Heuschnupfenpatienten entwickelt im Laufe seines Lebens Asthma.

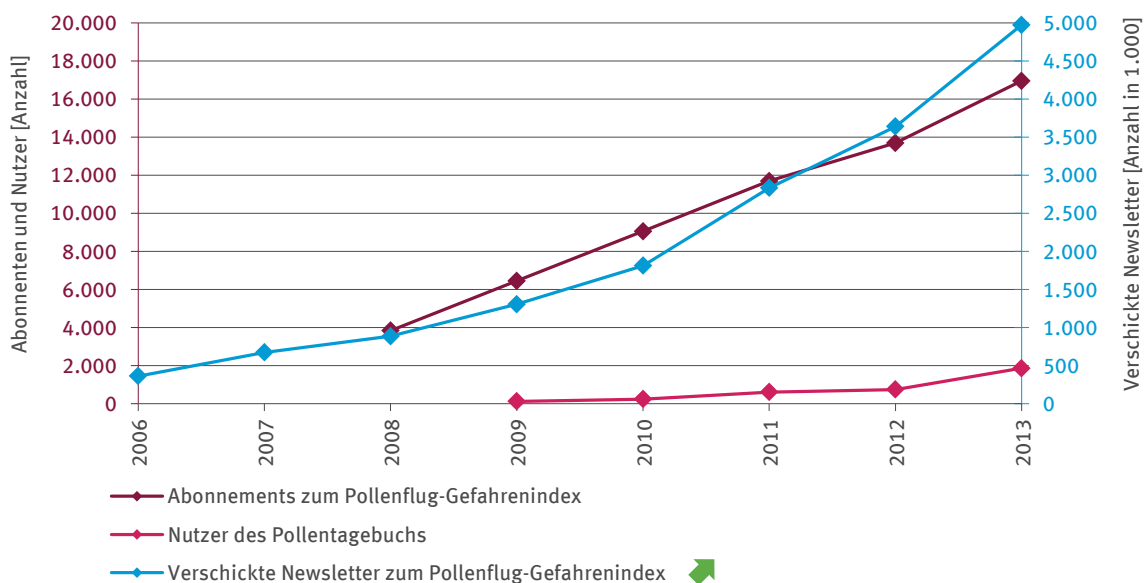
Mit allergenen Pollen in der Umwelt in Berührung zu kommen, ist in vielen Fällen unausweichlich bzw. nur eingeschränkt steuerbar. Daher ist es von großer Bedeutung, den Patienten die Möglichkeit zu geben, ihr Krankheitsbild mit den dahinter liegenden Ursachen besser verstehen zu können und Ausweichstrategien zu entwickeln. Es gilt: Je mehr der Allergiker seine Krankheit versteht, umso weniger leidet er.

Zur besseren Information von Allergikern gibt der Deutsche Wetterdienst (DWD) gemeinsam mit der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst (PID) einen Pollenflug-Gefahrenindex heraus. Er informiert während der Pollenflugsaison über die Belastungsintensität der acht allergologisch wichtigsten Blütenpollen (Hasel, Erle, Esche, Birke, Süßgräser, Roggen, Beifuß und Ambrosia) für den aktuellen und den folgenden Tag. Die hohe Aktualität der Vorhersage ermöglicht den Pollenallergikern eine gezielte Prophylaxe in Form von Verhaltensanpassung und angemessener Medikation. Die Informationen zum aktuellen und vorhersehbaren Belastungsrisiko lassen sich direkt im Internet abrufen. Alternativ kann auch ein Newsletter abonniert werden, durch den die Abonnenten im Falle einer Belastung eine direkte Warnung erhalten.

Zusätzlich zum Pollenflug-Gefahrenindex bietet der PID seit dem Jahr 2009 das Online-Pollentagebuch an. Es ermöglicht Menschen mit Heuschnupfen, ihre aktuellen

### GE-R-3: Informationen zu Pollen

Die verfügbaren Informationen zum Pollenflug-Gefahrenindex und das Angebot des Pollentagebuchs, die eigene Heuschnupfensymptomatik zu erfassen, werden in zunehmendem Maße genutzt. Die Anzahl der verschickten Newsletter steigt signifikant an. Dies kann sowohl Folge steigender Nutzerzahlen als auch einer zunehmenden Pollenbelastung sein, die einen häufigeren Newsletterversand nach sich zieht.



Datenquelle: DWD (Pollenflug-Gefahrenindex), Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst (Online-Tagebuch)



Beschwerden an Augen, Nase und Bronchien mit den Werten der Pollenaktivität an dem Ort, an dem sie sich gerade aufhalten (auch im europäischen Ausland), zu verbinden. Die tägliche Protokollführung im Internet-Pollentagebuch unterstützt die Allergiker dabei, ihre Beschwerdeintensität und die Stärke des aktuellen Pollenflugs schnell und selbst zu analysieren. Zudem erhalten die Tagebuchnutzer eine individuelle Auswertung ihrer Pollensaison. Das Pollen-Tagebuch kann auch für den behandelnden Arzt ein wertvolles Hilfsmittel für die Diagnostik und die Therapieplanung sein. Ergänzend zum Pollentagebuch gibt es seit dem Jahr 2013 eine Pollen App 2.0 für Smartphones mit einem Update Pollen App 3.0 seit März 2014. Sie ermöglicht die Erfassung der individuellen Symptome sowie ihres Schweregrades und liefert individuelle Vorhersagen zu wahrscheinlichen Beschwerden für die folgenden zwei Tage.

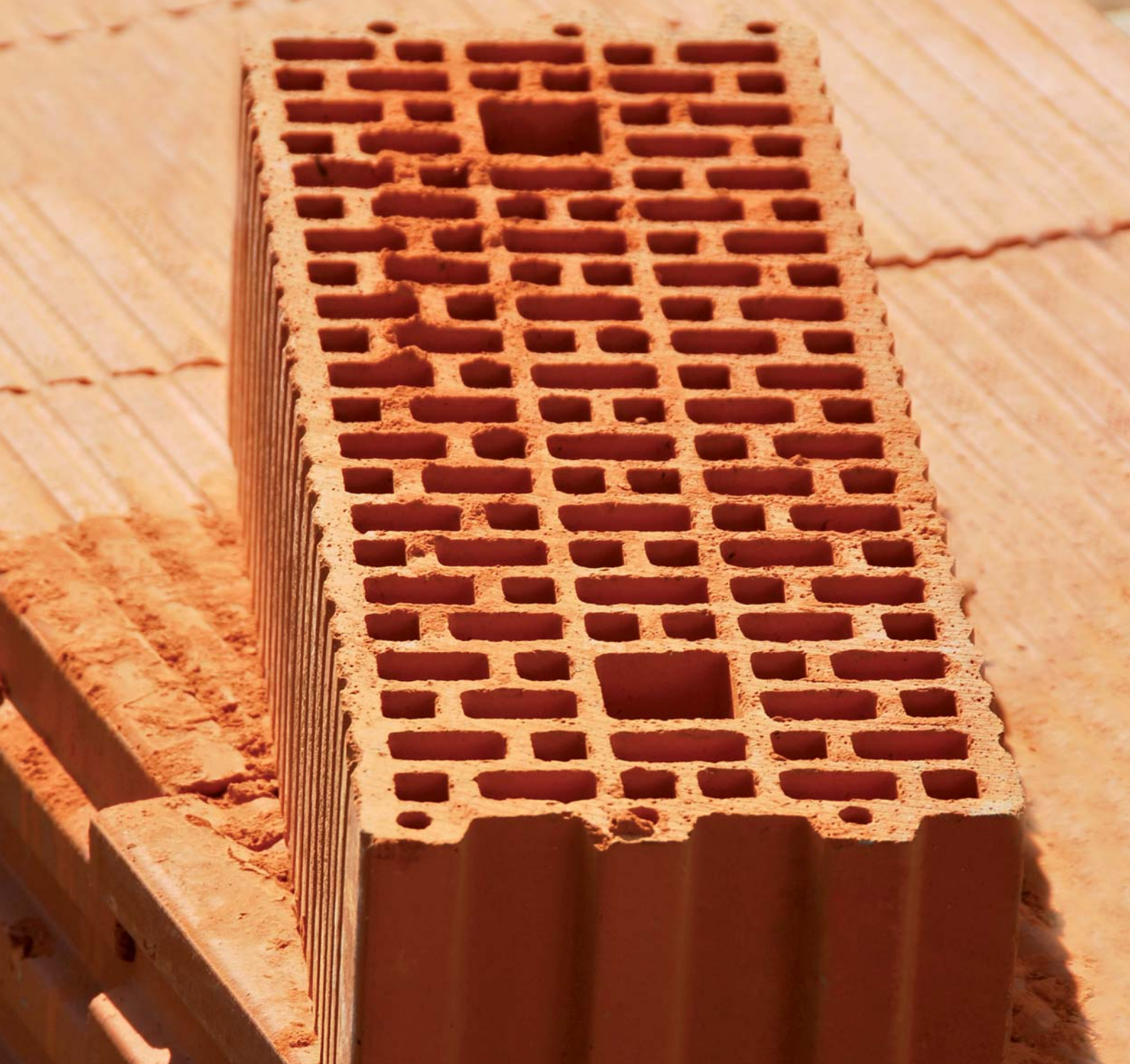
An den in den zurückliegenden Jahren gestiegenen Abonnentenzahlen lässt sich ein steigendes Interesse am Pollenflug-Gefahrenindex erkennen. In Anbetracht von Schätzungen, nach denen in Deutschland fast jeder Fünfte im Laufe seines Lebens von Heuschnupfen betroffen ist, sind die Abonnentenzahlen allerdings derzeit noch vergleichsweise gering. Die Nutzerzahlen des Pollentagebuchs sind noch einmal deutlich geringer. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Nutzung des Tagebuchs eine intensivere Auseinandersetzung mit der eigenen Krankheit und vor allem eine hohe Kontinuität der Nutzung voraussetzt. Möglicherweise ergeben sich künftig mit der Pollen App 3.0 höhere Nutzerzahlen. Systematische Evaluationen zu den positiven Effekten des Pollenflug-Gefahrenindex und des Pollentagebuchs auf die Lebensqualität der Allergiker sind noch nicht durchgeführt worden.



Die Vorhersage des Pollenflug-Gefahrenindex erleichtert Allergikern die zielgerichtete Prophylaxe.  
(Foto: Ingo Bartussek / fotolia.com)

## Schnittstellen

GE-I-3: Belastung mit Ambrosiapollen



© H.D.Volz / pixelio.de

# Bauwesen

Seit jeher ist es die Aufgabe von Gebäuden, ihre Bewohnerinnen und Bewohner sowie deren Hab und Gut bzw. die in ihnen angesiedelten Funktionen dauerhaft vor den Unbilden von Wetter und Witterung zu schützen. Neben den verfügbaren Baumaterialien und den Gebäudefunktionen spiegeln traditionelle Bauweisen und regionale Besonderheiten des Städtebaus daher vor allem auch die klimatischen Verhältnisse wider. Heute stellen Baustandards und -normen sicher, dass Gebäude sehr unterschiedlichen Klimabeansprüchen gerecht und vorhersehbare Schäden weitgehend vermieden werden. Regionale Unterschiede der klimatischen Bedingungen sind hierfür z. B. durch die Schneelast-, Windlast- oder Schlagregenzonen beschrieben, die bei der Gestaltung von Gebäuden zu berücksichtigen sind.

Angesichts der großen Auslegungsbreite der bestehenden Standards sind es vor allem die erwartete Zunahme und höhere Intensität von Extremereignissen, die Herausforderungen für das Bauwesen mit sich bringen werden. Hitzeperioden, Hagel, Stürme, Starkniederschläge und Hochwasser, aber auch Bodensenkungen und Erdbeben können künftig zu vermehrten Schäden an Gebäuden führen. Diese möglichen Klimawandelfolgen lassen sich zumindest teilweise anhand von Zahlen der Versicherungswirtschaft abbilden und sind im Handlungsfeld Finanzwirtschaft dargestellt.

Neben den Auswirkungen für einzelne Gebäude umfassen die Diskussionen zum Bauwesen die erwarteten stadtklimatischen Veränderungen und mögliche Anpassungsmaßnahmen. Thema ist vor allem die zunehmende Überwärmung von Innenstädten, mit denen angesichts steigender Durchschnittstemperaturen und zunehmender Temperaturextreme zu rechnen ist.

## Auswirkungen des Klimawandels

Wärmebelastung in Städten (BAU-I-1),  
Sommerlicher Wärmeinseleffekt (BAU-I-2) ..... 44

## Anpassungen

Erholungsflächen (BAU-R-1) ..... 46  
Spezifischer Energieverbrauch der privaten  
Haushalte für Raumwärme (BAU-R-2)..... 48  
Fördermittel für klimawandelangepasstes  
Bauen und Sanieren (BAU-R-3)..... 50

## Großstädte im Hitzestress

In großen Städten ist Boden in aller Regel ein knappes und teures Gut. Die zur Verfügung stehende Fläche ist daher dicht bebaut und in großen Teilen durch Straßen, Plätze und Wege versiegelt. Für städtisches Grün, Vegetations- und Wasserflächen findet sich häufig nur wenig Raum. Angesichts dieser Bedingungen unterscheidet sich das Stadtklima vom Klima der umgebenden Landschaft: Die mittleren Temperaturen liegen höher, die relative Luftfeuchte ist geringer. Klimatologen sprechen in diesem Zusammenhang von der „städtischen Wärmeinsel“. Ob und in welchem Umfang sich die Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Land ausprägen, hängt vor allem von der Größe der Stadt, ihrer Dichte, der Höhe der Bebauung, dem Grünflächenanteil sowie den verwendeten Baumaterialien ab. Auch die Wolkenbedeckung und die Windverhältnisse spielen eine wichtige Rolle.

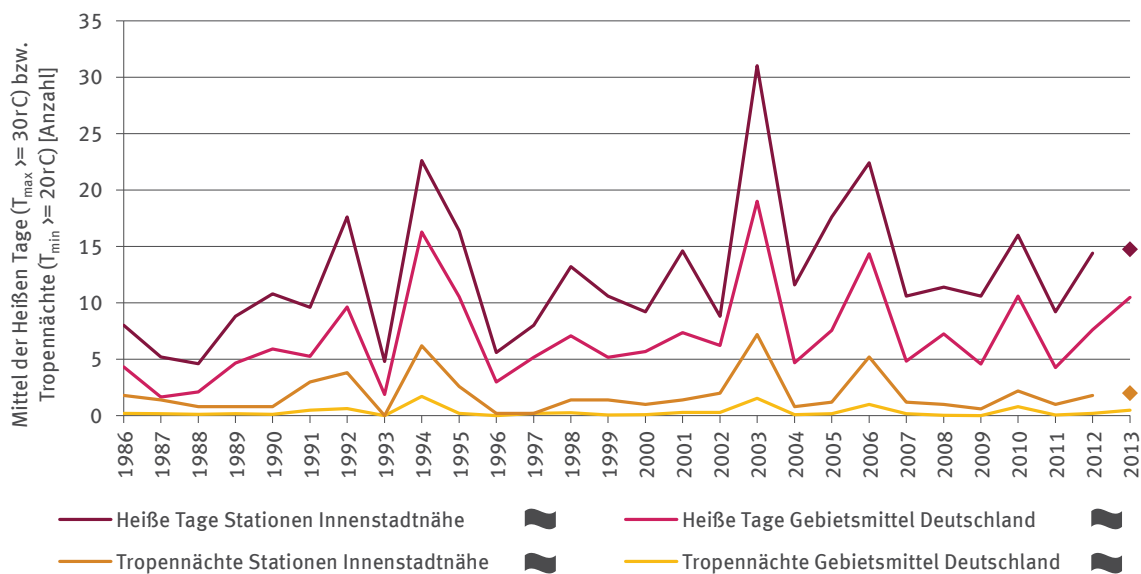
In heißen Sommermonaten können aus der Überwärmung der Städte gesundheitliche Belastungen für die Bevölkerung entstehen, wenn sich die Stadträume wegen ihrer spezifischen Charakteristik tagsüber stark

aufheizen, ohne sich in der Nacht im gleichen Maße wie das Umland abzukühlen. Diese Situationen können sich zukünftig häufen. Klimaprojektionen für Mitteleuropa zeigen, dass die mittleren Temperaturen ansteigen werden und sich die Wettercharakteristik insgesamt ändern wird. Erwartet werden unter anderem mehr austauscharme Wetterlagen und häufigere thermische Extremwerte. So können z. B. die sogenannten „Heißen Tage“ zunehmen, an denen die maximale Lufttemperatur 30 °C erreicht oder überschreitet. Belastend für die Bevölkerung sind zudem die sogenannten „Tropennächte“, in denen das Thermometer nicht unter 20 °C fällt und eine erholsame Nachtruhe nur noch eingeschränkt möglich ist.

Das Beispiel der Städte Berlin, Saarbrücken, Stuttgart (bis 2012), Frankfurt am Main und München belegt die besondere Situation in den Großstädten. Sowohl „Heiße Tage“ als auch „Tropennächte“ treten hier deutlich häufiger auf als im bundesweiten Mittel. Besonders ausgeprägt sind die Unterschiede in Jahren, in denen die Sommermonate überdurchschnittlich warm waren, z. B.

### BAU-I-1: Wärmebelastung in Städten

Vor allem in Jahren mit überdurchschnittlich warmen Sommermonaten häufen sich in Großstädten Situationen, die zu Wärmebelastungen der Bevölkerung führen können. Signifikante Trends zeichnen sich in den vergangenen 25 Jahren aber noch nicht ab.



Datenquelle: DWD (Ausgewählte Klimamessstationen, Deutscher Klimaatlas)

1994, 2003 und 2006. Bezogen auf die „Heißen Tage“ öffnete sich die Schere zwischen den Innenstädten und dem Bundesmittel in den vergangenen 20 Jahren immer weiter: Gab es in den 1990er Jahren in den Großstädten durchschnittlich zwischen vier und fünf „Heiße Tage“ mehr als im bundesweiten Mittel, waren es in den letzten zehn Jahren schon zwischen sechs und sieben Tage mehr.

Anders als bei den „Heißen Tagen“ und den „Tropennächten“ bezieht sich die Zeitreihe zum städtischen Wärmeinseleffekt nicht auf die Häufigkeit von Schwellenwertüberschreitungen, sondern nimmt die maximalen täglichen thermischen Unterschiede zwischen der Großstadt Berlin und ihrem direkten Umland in den Blick. Es zeigt sich, dass die Temperaturminima in den Sommermonaten im städtischen Umland, repräsentiert durch Messungen in Berlin Schönefeld, in den letzten ca. 30 Jahren ähnlich stark zugenommen haben wie am Alexanderplatz, wenn auch ausgehend von einem unterschiedlichen Niveau. Einen ähnlichen Befund zeigen Projektionen für die Stadt Frankfurt am Main. Sie haben ergeben, dass die Wärmebelastungen in dicht und locker bebauten Stadtteilen gleichermaßen zunehmen werden.<sup>4</sup> Der städtische Wärmeinseleffekt einzelner Großstädte

### Schnittstellen

- GE-I-1: Hitzebelastung
- BAU-R-1: Erholungsflächen
- IG-I-1: Hitzebedingte Minderung der Leistungsfähigkeit

### Ziele

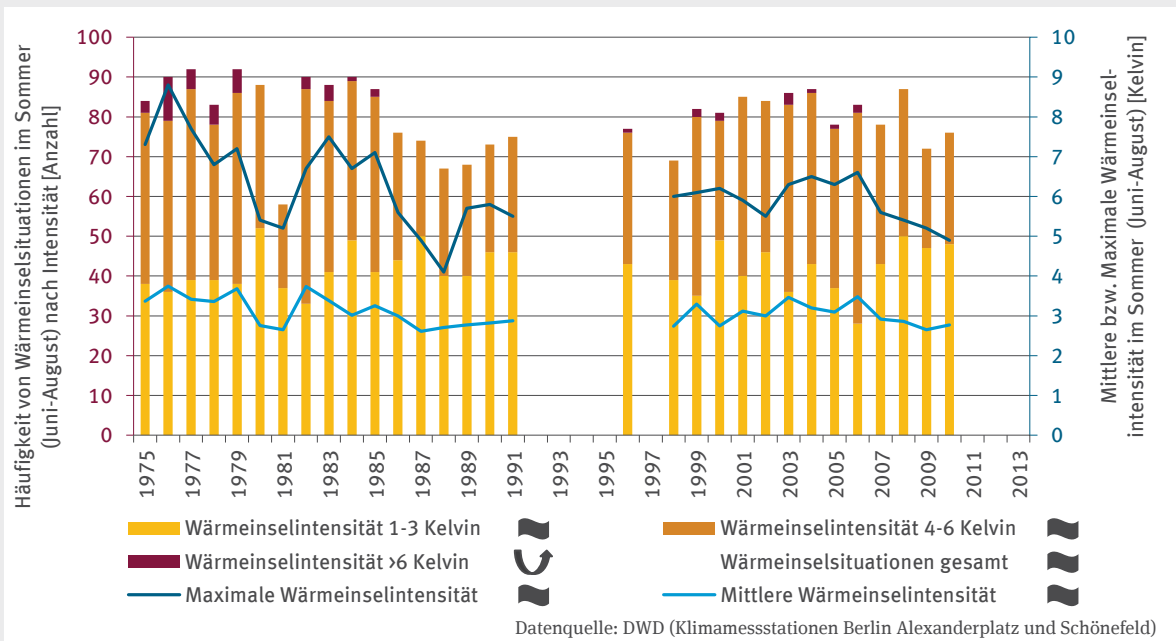
Linderung einer klimatisch bedingten verstärkten Aufheizung der Städte durch geeignete Architektur sowie Stadt- und Landschaftsplanung; Gewährleistung der Frischluftzufuhr über unverbaute Frischluftkorridore; Hemmen einer weiteren Versiegelung von Freiflächen bei der Stadtentwicklung (DAS, Kap. 3.2.1)

Freihaltung von Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete sowie -abflussbahnen im Rahmen der Siedlungsentwicklung (DAS, Kap. 3.2.14)

scheint sich also nicht wie befürchtet zu verschärfen. Allerdings bedeutet das auch: Dort, wo die Wärmebelastung bereits heute hoch ist, werden Belastungsschwellen wahrscheinlich auch zukünftig häufiger überschritten.

### BAU-I-2: Sommerlicher Wärmeinseleffekt – Fallstudie

Eine Veränderung des sommerlichen Wärmeinseleffekts zeichnet sich in Berlin bislang nicht eindeutig ab. Die Lufttemperaturen nehmen in der Stadt und im Umland gleichermaßen zu. Das bedeutet, dort, wo die Temperaturen bereits heute hoch sind, wird es wahrscheinlich auch zukünftig am heißesten sein.



## Städtische Grünflächen – kühlende Oasen

Thermische Belastungen können bei der Bevölkerung zu gesundheitlichen Problemen und in extremen Fällen auch zu einer erhöhten Sterblichkeit führen. Risikogruppen sind vor allem ältere Menschen, chronisch Kranke, Kinder und isoliert lebende Personen. Aber auch andere Bevölkerungsgruppen können durch zukünftig häufigere Wärmebelastungen möglicherweise beeinträchtigt werden. So können z. B. Beschäftigte unter Müdigkeit, Konzentrationsschwäche und Belastungen des Herzkreislaufsystems leiden, wenn die Temperaturen am Arbeitsplatz zu hoch klettern. Hinzu kommen die möglichen Folgen von hohen nächtlichen Temperaturen, da dann eine erholsame Nachtruhe verhindert oder eingeschränkt wird.

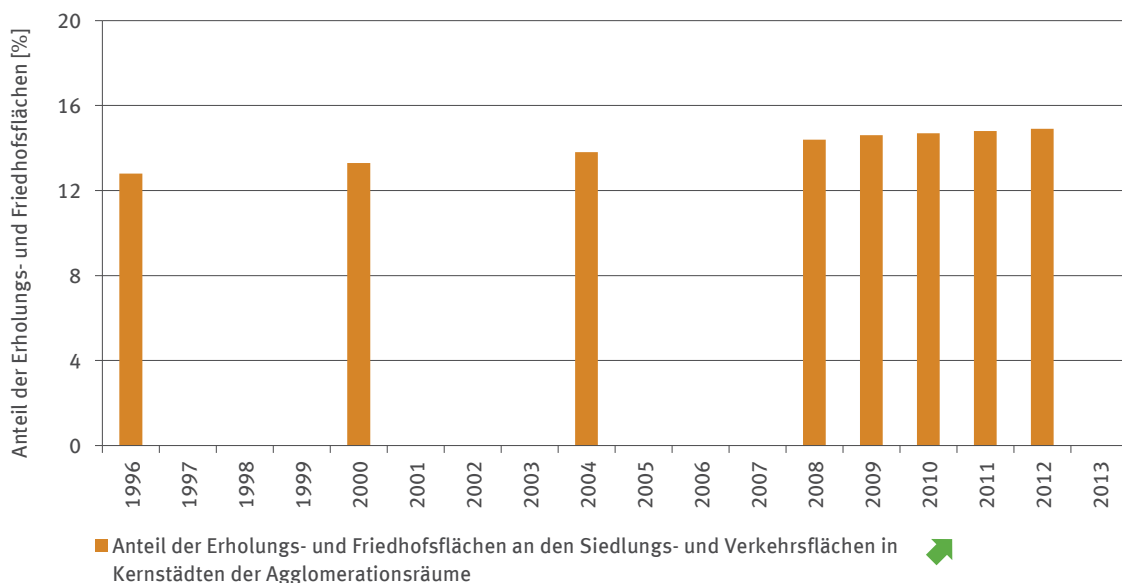
Es wird erwartet, dass sich durch den Klimawandel stadtklimatische Effekte weiter verstärken und hitzebedingte Gesundheitsprobleme häufiger auftreten können. Um diesen möglichen Klimawandelfolgen entgegenzuwirken oder vorzubeugen, können Maßnahmen auf

verschiedenen Ebenen ansetzen. Einen wichtigen Beitrag dazu leisten eine angepasste Gestaltung von Städten und Stadtvierteln und deren ausreichende Ausstattung mit „grünen“ und „blauen“ Infrastrukturen, d. h. mit Grün- bzw. Gewässerflächen. Überwiegend grüne, wenig versiegelte Flächen, z. B. Erholungsflächen wie Sport- und Spielflächen, Grünanlagen und Campingplätze oder auch Friedhofsflächen, übernehmen wichtige Funktionen für das lokale Kleinklima.

Die positive Wirkung von Grünflächen auf das Stadtklima sowie für die Luftqualität und Lärminderung wird durch die Größe, den Aufbau und die Zusammensetzung der vegetationsbestandenen Flächen bestimmt. Schon mit Gras bepflanzte Flächen lassen gegenüber der bebauten Umgebung günstige Veränderungen in ihrer Strahlungs- und Wärmebilanz erkennen, sofern sie gut mit Wasser versorgt sind. Sträucher und schattenspendende hohe Bäume verstärken die bioklimatischen Effekte. Im Vergleich zur Umgebung stellen sich niedrigere

### BAU-R-1: Erholungsflächen

Der Anteil der Erholungsflächen in den Kernstädten von Agglomerationsräumen steigt seit 1996 signifikant. Zumindest ein Teil des Anstiegs ist allerdings auf Umstellungen der statistischen Datenerfassung zurückzuführen und spiegelt möglicherweise keine reale Entwicklung wider.



Datenquelle: Länderinitiative Kernindikatoren (Indikator C4 – Erholungsflächen)

Oberflächen- und Lufttemperaturen ein. Zudem zeichnen sich Grünflächen durch eine höhere relative Luftfeuchtigkeit gegenüber versiegelten Flächen aus.

Eine besondere Verantwortung für das Siedlungsklima kommt den Kommunen zu. Positiven Einfluss können sie nehmen, indem sie z. B. bestehende grüne Flächen erhalten, miteinander vernetzen und zusätzlich neues Grün schaffen. Idealerweise sind die Grünflächen über Ventilationsbahnen an Kaltluftentstehungsgebiete wie Wiesen und Felder im ländlichen Umland angebunden. In den urbanen Gebieten werten die Kommunen damit zudem die ökologischen Funktionen der Siedlungsgebiete auf und steigern Lebens- und Wohnqualität.

In den Kernstädten von Agglomerationsräumen – das sind Regionen mit Oberzentren mit mehr als 300.000 Einwohnerinnen und Einwohnern oder einer Bevölkerungsdichte von ca. 300 oder mehr Einwohnerinnen und Einwohnern je Quadratkilometer – ist der Anteil der Erholungsflächen seit 1996 signifikant gestiegen. Dies bedeutet grundsätzlich einen Zuwachs von innerstädtischen grünen Flächen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Führung der amtlichen Liegenschaftskataster in den Ländern umgestellt wurde bzw. sich noch in Umstellung befindet. Hierdurch kommt es in der Flächennutzungsstatistik zu Veränderungen, denen keine tatsächlichen Nutzungsänderungen zugrunde liegen. Dies schränkt die zeitliche und räumliche Vergleichbarkeit der Daten ein. In den nächsten Jahren wird sich zeigen, ob sich der bislang erkennbare signifikante Aufwärtstrend nach dem Abschluss der Umstellung weiter fortsetzt.



Innenstädtische Grünflächen sind bei hochsommerlichen Wetterlagen kleinräumige Kälteinseln in der Stadt.  
(Foto: Tobias Krull / pixelio.de)

## Schnittstellen

GE-I-1: Hitzebelastung

BAU-I-1: Wärmebelastung in Städten

RO-R-4: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen

## Ziele

Linderung einer klimatisch bedingten verstärkten Aufheizung der Städte durch geeignete Architektur sowie Stadt- und Landschaftsplanung; Gewährleistung der Frischluftzufuhr über unverbaute Frischluftkorridore; Hemmen einer weiteren Versiegelung von Freiflächen bei der Stadtentwicklung (DAS, Kap. 3.2.1)

Freihaltung von Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete sowie -abflussbahnen im Rahmen der Siedlungsentwicklung (DAS, Kap. 3.2.14)

## Klimaangepasste Gebäude – die Hitze bleibt draußen

Eine klimagerechte städtebauliche Gestaltung, die innerstädtisches Grün bewahrt und ausweitet, ist ein Weg, um Wärmebelastungen vorzubeugen oder sie zumindest zu mindern. Andere Maßnahmen setzen direkt am Gebäudebestand an.

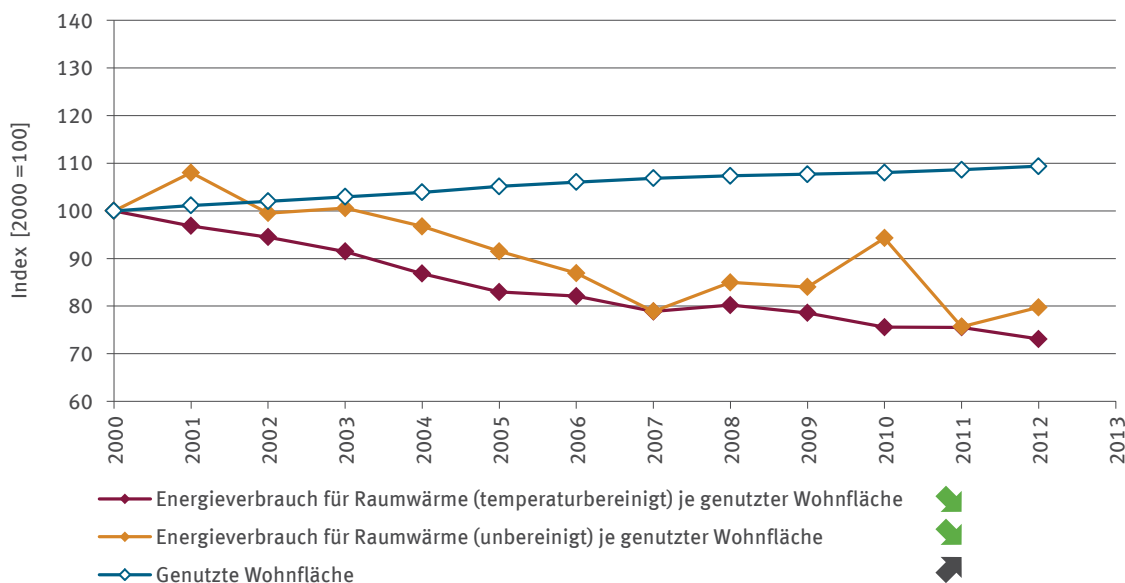
Um eine Überwärmung von Innenräumen zu vermeiden, kommt in wärmeren Klimazonen vielfach eine aktive technische Kühlung von Wohn- und Arbeitsstätten zum Einsatz. In den heißen Sommern der Jahre 2003 und 2006 war diese Reaktion auch in Deutschland zu beobachten: Der Verkauf mobiler Klimaanlage zur aktiven Kühlung von Wohnungen und Häusern stieg außergewöhnlich stark an. Allerdings ist die Nutzung von Klimaanlage mit einem höheren Stromverbrauch verbunden, der wiederum zu einem verstärkten CO<sub>2</sub>-Ausstoß führt, solange das Energiesystem noch zum größeren Teil auf fossilen Energien beruht. Bemühungen um den Klimaschutz laufen diese Maßnahmen daher zuwider. Hinzu kommt, dass die Abluft der Klimaanlage lokal an ihrem

Einsatzort die Stadtatmosphäre erwärmt und damit die bioklimatischen Belastungen verstärken kann. Maßnahmen der passiven Kühlung sollten aus diesem Grund sowohl bei der Sanierung des Gebäudebestands als auch beim Neubau größere Priorität genießen.

Um das Innenraumklima zu sichern und baulich vor Sommerhitze zu schützen, müssen Bauherren und Architekten zwei Strategien gleichzeitig verfolgen: Sie lassen eine Erwärmung innerhalb des Gebäudes erst gar nicht zu, und sie führen die vorhandene Wärme nach draußen ab. Letzteres lässt sich z. B. durch natürliche Lüftungs- und Ventilationssysteme, eine kontrollierte nächtliche Lüftung oder eine antizyklische Speicherung bzw. Abgabe von Wärme bzw. Kälte erreichen. Möglichkeiten für einen vorbeugenden sommerlichen Wärmeschutz bestehen beispielsweise darin, Fensterflächenanteile und Gebäudeausrichtung sorgfältig zu planen, außen liegende Verschattungselemente und Sonnenschutzgläser einzusetzen, Gebäudefassaden und -dächer zu begrünen

### BAU-R-2: Spezifischer Energieverbrauch der privaten Haushalte für Raumwärme

Der rückläufige Energieverbrauch für Raumwärme deutet darauf hin, dass in den letzten Jahren neben Verhaltensänderungen und dem zunehmenden Einsatz effizienterer Heizsysteme auch bauliche Maßnahmen zum Wärmeschutz erfolgreich umgesetzt wurden. Diese Maßnahmen haben auch positive Auswirkungen auf den Schutz der Gebäude vor sommerlicher Überhitzung.



Datenquelle: StBA (Umweltökonomische Gesamtrechnungen)



oder Gebäude mit einer guten Wärmedämmung zu versehen und hohe energetische Baustandards einzuhalten.

Die Maßnahmen des baulichen Wärmeschutzes verringern auch die für Heizung und Kühlung von Gebäuden eingesetzte Energie. Zusammen mit effizienzsteigernden Maßnahmen und verhaltensbedingten Einsparungen, die aus einem gestiegenen Kosten- und Umweltbewusstsein resultieren, schlagen sie sich in einem deutlich verringerten Energieverbrauch der privaten Haushalte für Raumwärme nieder. Dieser ist also ein Anzeichen dafür, dass sich auch die Voraussetzungen für kühlere Innentemperaturen während Hitzeperioden verbessert haben.

Die erfolgreiche Umsetzung der genannten Maßnahmen wird am temperaturbereinigten, d. h. am rechnerisch auf einen mittleren bundesweiten Verlauf der Lufttemperatur angepassten Verbrauch von Heizenergie ablesbar. Im Jahr 2000 wendeten die Haushalte temperaturbereinigt noch mehr als 580 Terawattstunden Heizenergie auf, bis zum Jahr 2012 ging der Energieverbrauch auf unter 470 Terawattstunden zurück. Bezogen auf die Wohnfläche, die im gleichen Zeitraum deutlich zunahm, bedeutet das einen signifikanten Rückgang des temperaturbereinigten Energieverbrauchs für Raumwärme um über 25 %.



Eine gute Gebäudeisolierung schützt auch vor sommerlicher Hitze. (Foto: Rainer Sturm / pixelio.de)

## Schnittstellen

BAU-R-1: Erholungsflächen

BAU-R-3: Fördermittel für klimawandelangepasstes Bauen und Sanieren

## Ziele

Stärkere Anpassung an höhere durchschnittliche Sommertemperaturen und zwischenzeitlich längere Hitzeperioden in der Gebäudeplanung und Gebäudetechnik (DAS, Kap. 3.2.2)

## Klimawandelangepasstes Bauen und Sanieren fördern

Die in den vergangenen Jahren erzielten Verbesserungen beim Wärmeschutz und die damit verbundene Reduzierung des Energieverbrauchs im Gebäudebereich sind u. a. ein Ergebnis gezielter Förderpolitik. Viele der geförderten baulichen Maßnahmen dienen sekundär auch zum Schutz vor einer sommerlichen Überwärmung von Gebäuden und erzeugen somit Synergieeffekte zwischen Klimaschutz und Anpassung.

Eine wesentliche Säule der finanziellen Förderung von Maßnahmen zur energetischen Optimierung von Gebäuden bzw. von energieeffizienten Neubauten sind die durch Fördermittel des Bundes finanzierten Programme der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Hierfür standen in den Jahren 2006 bis 2013 Bundesmittel in Höhe von insgesamt rund 11,1 Milliarden Euro zur Verfügung, im Jahr 2013 ca. 1,8 Milliarden Euro. Mit den Programmen werden über Investitionszuschüsse oder alternativ über im Zins vergünstigte Darlehen in Verbindung mit Tilgungszuschüssen Energieeffizienzmaßnahmen

gefördert, die die gesetzlichen Anforderungen (Energieeinsparverordnung) weit überschreiten. Insgesamt wurde durch die Förderung bis Ende 2013 ein Investitionsvolumen von rund 155 Milliarden Euro ausgelöst.

In den durch Bundesmittel geförderten KfW-Programmen, die für die Anpassung an den Klimawandel relevant sind, wurden in den zurückliegenden knapp zehn Jahren jährlich Darlehenszusagen oder Zuschüsse zwischen etwa fünf und zehn Milliarden Euro bewilligt. Als anpassungsrelevant werden dabei solche Programme der KfW betrachtet, deren Fördermittel zu mehr als zwei Dritteln Maßnahmen zugute kommen, die Gebäude vor dem sommerlichen Aufheizen schützen, z. B. Dämmung oder Sonnenschutz, oder Maßnahmen, mit denen sich Raumklima und Frischluftzufuhr regeln und steuern lassen. Im Jahr 2013 wurden durch diese Programme über 32 Milliarden Euro an Investitionen gefördert, die sekundär auch der Anpassung an den Klimawandel zugutekommen können.

### BAU-R-3: Fördermittel für klimawandelangepasstes Bauen und Sanieren

Die KfW erhält vom Bund jährlich Fördermittel in Höhe von 1 bis 2 Milliarden Euro. Auf dieser Basis vergibt die Bank jährlich Darlehenszusagen und Zuschüsse in Höhe von 5 bis 10 Milliarden Euro für energetische Bau- und Sanierungsmaßnahmen, die bei guter Planung die Gefahr von Hitzebelastungen in Gebäuden verringern können. Seit 2006 nahmen sowohl Darlehenszusagen und Zuschüsse als auch die dadurch ausgelösten Investitionen signifikant zu.



Datenquelle: KfW (Förderreport der KfW-Bankengruppe)

Der Schutz vor Überwärmung ist eine der Anforderungen, mit der sich Bauherren, Immobilieneigentümer und Architekten mit Blick auf den Klimawandel auseinandersetzen müssen. Mit den oben genannten und weiteren Maßnahmen wie der Reduzierung innerer Wärmequellen, einem durchdachten Umgang mit großen Glasflächen oder dem Einsatz massiver Bauteile zum Temperatenausgleich lassen sich sommerliche Überwärmungsprobleme in Gebäuden auch ohne technische Anlagen zur Klimatisierung weitgehend vermeiden.

Darüber hinaus erfordern auch möglicherweise zunehmende extreme Ereignisse wie Starkniederschläge und Schlagregen, Stürme und Tornados, Hagel oder Schneelasten bauliche Anpassungen zum Gebäudeschutz. Zwar stellt der in Deutschland herrschende hohe Standard von Bauplanung, -technik und -ausführung grundsätzlich sicher, dass Gebäude und Baupraxis für eine große Spannweite an wetter- und witterungsbedingten Beanspruchungen ausgelegt sind. Nicht alle Auswirkungen der genannten Extremereignisse werden sich aber innerhalb dieses Standards bewältigen lassen.

Neben dem Schutz vor Hitze umfassen mögliche Schutzmaßnahmen an einzelnen Gebäuden etwa den Einbau von Schutzgittern und Schutzglas gegen Hagelschäden, die Befestigung von Dachmaterial oder die Integration von Solarthermie- oder Photovoltaik-Anlagen in den Dachaufbau zur Sicherung bei Stürmen. Zahlreich sind die möglichen Maßnahmen zum Schutz gegen Hochwasser und Starkregen: Sie reichen von der Gebäudeabdichtung durch den Einsatz von Bitumenbahnen oder wasserdichtem Beton über Drainagen und Pumpen bis zur Rückstausicherung der Abwasserleitungen. Der Schutz von Einzelgebäuden insbesondere gegen Überflutung ist schwierig. Daher vermeidet eine vorsorgende Raum- und Stadtplanung die bauliche Nutzung von Gebieten mit einem erhöhten Schadenspotenzial durch solche Gefahren.

Im Zuge von Neubauten können die entsprechenden Anpassungserfordernisse z. B. durch die Auswahl robusterer Materialien und stabilerer Konstruktionsweisen bereits in der Planung berücksichtigt werden. Dies verursacht aber auch dort erhöhte Baukosten. Für bestehende Gebäude sind Anpassungen in Form nachträglicher Maßnahmen wie beispielsweise Abdichtungen von Kellern gegen drückendes Wasser i. d. R. schwieriger und kostspieliger umzusetzen. Aller Voraussicht nach lassen sich aber zumindest die meisten klimabedingten Probleme mit Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen in den Griff bekommen.

## ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

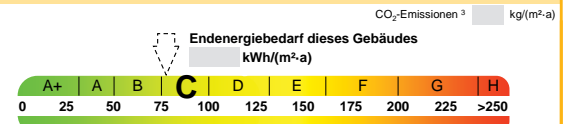
gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 1. ...

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Registrierungsnummer <sup>2</sup> (oder: „Registrierungsnummer wurde beantragt am...“)

2

Energiebedarf



Primärenergiebedarf dieses Gebäudes kWh/(m<sup>2</sup>·a)

Anforderungen gemäß EnEV <sup>4</sup>

Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren

Primärenergiebedarf

Ist-Wert kWh/(m<sup>2</sup>·a) Anforderungswert kWh/(m<sup>2</sup>·a)

Verfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10

Energetische Qualität der Gebäudehülle H<sub>c</sub>

Ist-Wert W/(m<sup>2</sup>·K) Anforderungswert W/(m<sup>2</sup>·K)

Verfahren nach DIN V 18599

Regelung nach § 3 Absatz 5 EnEV

Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau)  eingehalten

Vereinfachungen nach § 9 Absatz 2 EnEV

Endenergiebedarf dieses Gebäudes

[Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

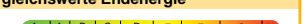
kWh/(m<sup>2</sup>·a)

Angaben zum EEWärmeG <sup>5</sup>

Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs auf Grund des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG)

Art: % Deckungsanteil: %

Vergleichswerte Endenergie



Die Förderung energieeffizienter Gebäude kann auch den Schutz vor einer Überwärmung von Innenräumen in Hitzeperioden unterstützen. (Quelle: Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung)

Grundsätzlich liegt es in der Verantwortung des jeweiligen Bauherrn oder Immobilieneigentümers, diese und andere Maßnahmen umzusetzen und sich baulich vor Klimarisiken zu sichern. Eine finanzielle Förderung, die gezielt und direkt die bauliche Klimaanpassung von Gebäuden adressiert, gibt es in Deutschland bislang nicht.

## Schnittstellen

BAU-R-2: Spezifischer Energieverbrauch der privaten Haushalte für Raumwärme

RO-R-3: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für (vorbeugenden) Hochwasserschutz

## Ziele

Langfristige Senkung des Wärmebedarfs des Gebäudebestandes mit dem Ziel, bis 2050 nahezu einen klimaneutralen Gebäudebestand zu haben. (Energiekonzept, S. 22)

Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sollen Anstrengungen zum Klimaschutz möglichst nicht entgegenwirken bzw. sollen Alternativen den Vorzug erhalten, die auch zur Minderung der Treibhausgasemissionen beitragen und umgekehrt, beispielsweise Investitionen in die Isolierung von Gebäuden. (DAS, Kap. 3.4)



© Volker Kraus / pixelio.de

# **Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz**

Das Niederschlagsgeschehen und der Temperaturhaushalt sind die wichtigsten Triebfedern des natürlichen Wasserkreislaufs, im globalen wie im regionalen Maßstab. Ändern sich die klimatischen Verhältnisse, ändern sich in der Folge auch der Wasserhaushalt und damit der Rahmen für die Wasserbewirtschaftung.

Nicht von ungefähr beschäftigt sich die Wasserwirtschaft in Deutschland schon seit vielen Jahren mit den Auswirkungen, die der Klimawandel nach sich ziehen kann. Wichtige Themen sind dabei z. B. der dauerhafte Schutz vor extremen Hochwasserereignissen sowohl an der Küste als auch an den Binnengewässern oder die langfristige Nutzbarkeit und Bewirtschaftung der Wasserstraßen. Ökologische Fragestellungen muss die Wasserwirtschaft ebenfalls im Blick behalten. Gemäß den Vorgaben der europäischen Wasserrahmenrichtlinie gilt es, einen guten Zustand der Gewässer zu erhalten oder wiederherzustellen und ihre Funktion als Lebensraum für Tiere und Pflanzen dauerhaft sicherzustellen. Die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie und die Anpassung an den Klimawandel gehen dabei häufig Hand in Hand.

Die klimatischen Veränderungen werden auch die Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Nutzung der Ressource Wasser beeinflussen. Wasser ist nicht nur ein wertvolles Lebensmittel, es ist auch für viele wirtschaftliche Aktivitäten unverzichtbar, z. B. als Kühlmedium in der Energiewirtschaft, als Roh- und Betriebsstoff in der Industrie, als Verkehrsträger für die Schifffahrt, für die Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen oder auch für Erholung und Freizeit. Um die unterschiedlichen Ansprüche erfüllen zu können, muss das Wasser bestimmten Anforderungen an Menge und Qualität genügen. Selbst in einem grundsätzlich wasserreichen Land wie Deutschland kann es zukünftig regional zu Schwierigkeiten mit der ausreichenden Wasserverfügbarkeit kommen. Ein schonender Umgang mit den Wasservorräten und die Balance zwischen Wasserdargebot und -nutzung gehören daher ebenfalls zur Anpassung.

## Auswirkungen des Klimawandels

Mengenmäßiger Grundwasserzustand (WW-I-1) .....	54
Mittlerer Abfluss (WW-I-2), Hochwasser (WW-I-3) .....	56
Niedrigwasser (WW-I-4) .....	58
Wassertemperatur stehender Gewässer (WW-I-5) .....	60
Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern (WW-I-6), Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern (WW-I-7) .....	62
Wassertemperatur des Meeres (WW-I-8) .....	64
Meeresspiegel (WW-I-9) .....	66
Intensität von Sturmfluten (WW-I-10) .....	68

## Anpassungen

Wassernutzungsindex (WW-R-1) .....	70
Gewässerstruktur (WW-R-2) .....	72
Investitionen in den Küstenschutz (WW-R-3) .....	74

## Trotz Klimawandel guter mengenmäßiger Zustand des Grundwassers

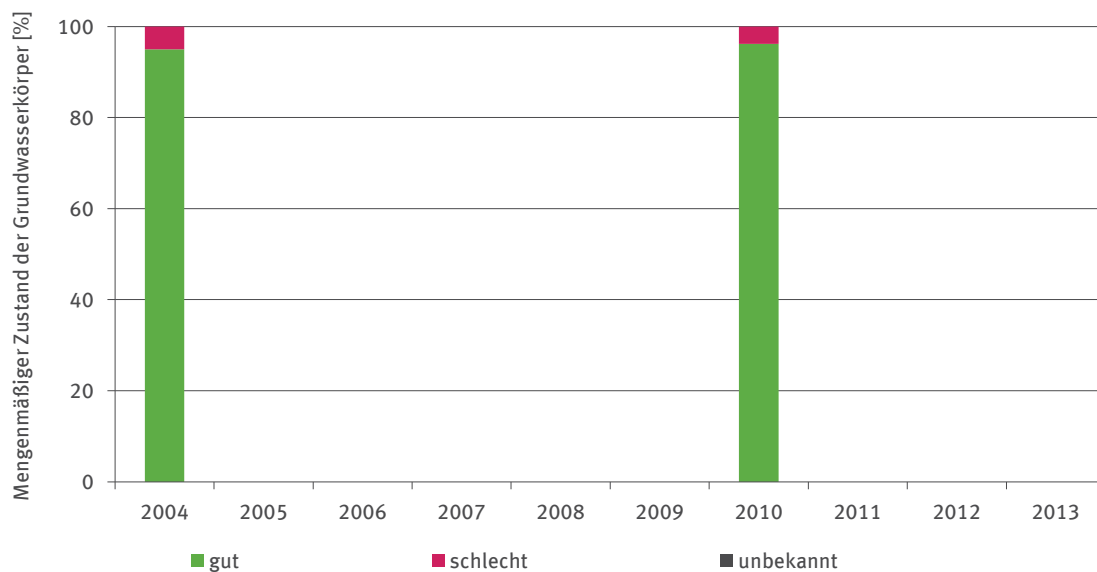
Wie viel Grundwasser sich in einem Gebiet neu bilden kann und welche Grundwasserstände sich dort einstellen, hängt von einer Vielzahl unterschiedlicher Einflussgrößen ab. Dazu gehören z. B. der Abstand, der zwischen dem Gelände und der grundwasserleitenden Schicht liegt, die Beschaffenheit der Deckschichten über dem Grundwasser, die Größe und Gestalt der Hohlräume im Gestein, das Gefälle der Grundwasseroberfläche oder der unterirdische Zu- und Abfluss von Grundwasser.

Vor allem wird die Grundwasserneubildung in einem Gebiet aber durch den Niederschlag sowie den oberirdischen Abfluss und das Verdunstungsgeschehen bestimmt. Ändern sich die klimatischen Rahmenbedingungen in Deutschland, sind damit auch Auswirkungen auf diese Faktoren verbunden. Dabei reagieren Grundwässer insgesamt im Vergleich zu Oberflächengewässern eher träge auf sich verschiebende Niederschlagsmengen. Jahre mit einer

geringen Gesamtniederschlagsmenge machen sich daher nicht unmittelbar im Grundwasserstand bemerkbar. Steigende Temperaturen führen zu einer insgesamt höheren Verdunstung mit der Folge, dass potenziell weniger Wasser versickern und ins Grundwasser infiltrieren kann. Dies kann die Situation in Gebieten zuspitzen, in denen die Wasserverfügbarkeit zukünftig durch abnehmende Niederschläge beeinträchtigt wird. Sowohl die Veränderung der Temperaturen als auch der Niederschläge beeinflussen den oberirdischen Abfluss. In den Wintermonaten nehmen die Niederschlagsmengen zwar zu. Sie treffen dann aber häufiger auf bereits wassergesättigte oder gefrorene Böden und können nicht versickern. In den Sommermonaten trocknen Böden infolge höherer Temperaturen und geringerer Niederschläge stärker aus. Niederschläge, die zukünftig häufiger als Starkregen auftreten, können dann von den trockenen Böden nicht aufgenommen werden und fließen zu einem großen Teil oberirdisch ab.

### WW-I-1: Mengenmäßiger Grundwasserzustand

Die überwiegende Anzahl der Grundwasserkörper wies 2010 einen guten Zustand auf, d. h. Grundwasserneubildung und Grundwasserentnahme waren im Gleichgewicht. Seit der Bestandsaufnahme 2004 hat sich der Anteil der Grundwasserkörper mit einem guten qualitativen Zustand bereits von 95 % auf 96 % leicht erhöht.



Datenquelle: Bundesanstalt für Gewässerkunde (WasserBLICK)

In Deutschland stammen zwei Drittel des Trinkwassers aus Grundwasser. Die mengenmäßig ausreichende Neubildung qualitativ hochwertigen Grundwassers ist daher eine grundlegende Voraussetzung für eine nachhaltige Trinkwasserbereitstellung. Dies gilt verstärkt unter den Bedingungen des Klimawandels, wenn der Bedarf nach Trink- und Brauchwasser zusammen mit steigenden Lufttemperaturen sowie häufigeren und intensiveren Hitzeperioden zunimmt. Wie sehr die Intensität der Nutzung für die Trink- oder Brauchwasserentnahme (z. B. für die landwirtschaftliche Bewässerung) die betroffenen Grundwasserkörper beeinflusst, hat die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts gezeigt. Seit den 1960er bis in die 1980er Jahre hinein stiegen die Grundwasserentnahmen als Folge des Bevölkerungs- und des Wirtschaftswachstums (insbesondere im produzierenden Gewerbe) an. In den 1980er Jahren kam es dann zu großräumigen Grundwasserabsenkungen durch gestiegene Grundwasserentnahmen und witterungsbedingte Trockenperioden.

Der Maßstab für eine nachhaltige Grundwassernutzung wird durch die Vorgaben der europäischen Wasserrahmenrichtlinie definiert. Danach ist ein guter mengenmäßiger Zustand des Grundwassers gegeben, wenn die Grundwasserneubildungsrate über der für verschiedene Nutzungen entnommenen Wassermenge liegt. Eine über die Grundwasserneubildungsrate hinausgehende Nutzung von Grundwasservorkommen führt, insbesondere bei kleinen Grundwasserkörpern, langfristig zu niedrigeren Grundwasserspiegeln. Auch bei einem gerade ausgeglichenen Verhältnis von entnommenem Grundwasser und Grundwasserneubildungsrate kommt es durch den natürlichen Abfluss des Grundwassers auf Dauer zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels.

Im Jahr 2010 wurden die Bewertungsergebnisse der Bewirtschaftungspläne für die Flussgebietseinheiten zum mengenmäßigen Zustand der Grundwasserkörper zu einer bundesweiten Übersicht zusammengestellt. Diese Ergebnisse lassen Rückschlüsse zu, ob menschliche Eingriffe in den Grundwasserhaushalt und klimatisch bedingte Einflüsse nachteilige Auswirkungen auf den Grundwasserstand und die Grundwasserverfügbarkeit haben. 96 % der ca. 1.000 Grundwasserkörper in Deutschland weisen demnach einen mengenmäßig guten Zustand auf. Seit der Bestandsaufnahme von 2004, bei der für 95 % der Grundwasserkörper ein guter mengenmäßiger Zustand erhoben worden war, hat sich der Zustand bereits leicht verbessert. Angestrebt wird, das Ziel der Wasserrahmenrichtlinie, d. h. einen guten mengenmäßigen Zustand für 100 % der Grundwasserkörper, auch unter den sich verändernden klimatischen Bedingungen zu erreichen.



In Deutschland ist ein weites Netz von Grundwassermessstellen installiert, die regelmäßig Daten zum Grundwasserstand liefern. (Foto: Wolf-Peter von Pape / HLUg)

## Schnittstellen

WW-I-2: Mittlerer Abfluss  
 WW-I-4: Niedrigwasser  
 BO-I-1: Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden

## Ziele

Schutz, Verbesserung und Sanierung aller Grundwasserkörper (Richtlinie 2000/60/EG – Wasserrahmenrichtlinie, Art. 4 (1))

Verstärkte Sicherung von Wasserressourcen, Erhaltung bzw. Verbesserung des Wasserhaushalts der Böden, vorausschauende Lenkung stark wasserbrauchender Nutzungen (Handlungskonzept Klimawandel, MKRO 2013, Kap. 3.7)

Förderung der dezentralen Niederschlagsversicherung als Beitrag zur Grundwasserneubildung; verstärkte raumordnerische Sicherung von Wasserressourcen und planerisches Hinwirken auf angepasste Nutzungen bei sinkenden Grundwasserneubildungsraten (DAS, Kap. 3.2.14)

Nachfragemanagement sowie technische Methoden und Verbesserungen zum effizienteren Wassereinsatz, um bei längeren und häufigeren regionalen Trockenheitsphasen und Niedrigwasserperioden regionale Nutzungskonflikte [...] bei oberflächennahen Grundwasserentnahmen zu vermeiden (DAS, Kap. 3.2.3)

## Änderungen von Wasserverfügbarkeit und Hochwassergeschehen

Das natürliche Abflussgeschehen in Fließgewässern wird vor allem von der Menge und der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge in den jeweiligen Einzugsgebieten bestimmt. Darüber hinaus spielen die Art der Niederschläge, d. h. ob diese als Regen oder als Schnee niedergehen, sowie die Morphologie der Einzugsgebiete eine wichtige Rolle: Diese Faktoren sind entscheidend dafür, wie schnell die Niederschläge tatsächlich abflusswirksam werden. Beispielsweise prägt in Flussgebieten mit einem schneebestimmten Abflussregime vor allem die Schneeschmelze, häufig im Frühsommer, den Jahresgang des Abflusses.

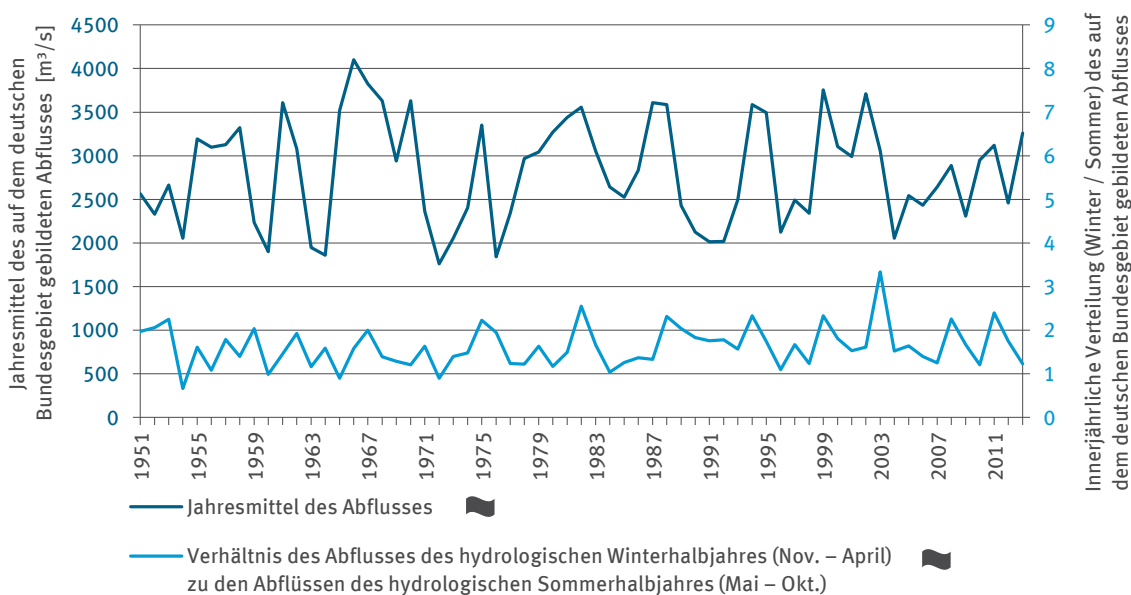
In regenbestimmten Regimen dominiert hingegen die Jahreszeit mit den höchsten Niederschlagsmengen den Jahresgang. Die klimatischen Rahmenbedingungen eines Raums, insbesondere die Niederschlags- und Temperaturverhältnisse, haben somit einen sehr unmittelbaren Einfluss auf das Abflussgeschehen. Ändern sich diese Bedingungen zukünftig mit dem fortschreitenden Klimawandel, so wird sich das auch in Veränderungen

des Abflussgeschehens niederschlagen. Auswirkungen können sich etwa für die Menge des insgesamt abfließenden Wassers und für die jahreszeitliche Verteilung des Abflusses ergeben. Das Jahresmittel der Abflüsse vom Bundesgebiet kennzeichnet dabei das Gesamtwasserangebot und gibt Auskunft über die prinzipielle Wasserverfügbarkeit. Es ist ein Spiegel der unterschiedlichen Niederschläge und Temperaturen in den Jahren und zeigt daher generell von Jahr zu Jahr stark schwankende Werte. In der Rückschau auf die Zeitreihe seit den 1950er Jahren zeigt sich bislang kein signifikanter Trend, d. h. Veränderungen der prinzipiellen Wasserverfügbarkeit sind derzeit noch nicht zu erkennen.

Die jahreszeitliche Verteilung der Abflüsse ist eine entscheidende Größe für die Wasserwirtschaft. Nutzungen wie die Wasserkraft, die Trinkwassergewinnung, die Schifffahrt oder auch die Entnahme von Kühl- und Bewässerungswasser sind auf Mindestabflüsse in den Sommer- und Wintermonaten hin abgestimmt. In Deutschland dominieren die winterlichen Abflüsse

### WW-I-2: Mittlerer Abfluss

Für den mittleren Jahresabfluss ist – bei starken Schwankungen zwischen den Jahren – bislang kein signifikanter Trend zu verzeichnen. Auch die Verteilung der Niederschlagsmenge auf hydrologisches Winterhalbjahr (Nov. – Apr.) und Sommerhalbjahr (Mai – Okt.) ist ohne signifikanten Trend. Jahre mit starken sommerlichen Trockenperioden wie das Jahr 2003 treten allerdings deutlich hervor.





die jahreszeitliche Verteilung in einem starken Maße. Während in früheren Jahren die sommerlichen Abflüsse diejenigen der Wintermonate noch vereinzelt übertrafen, war das seit 1972 nicht mehr der Fall. Seit den 1990er Jahren häufen sich zudem die Jahre, in denen Abflüsse im Winterhalbjahr diejenigen im Sommerhalbjahr deutlich übertreffen. Besonders markant tritt das Jahr 2003 hervor, als in den heißen Sommermonaten die Abflüsse in vielen Flussgebieten auf einem sehr niedrigen Niveau lagen, mit entsprechenden Folgen für die Binnenschifffahrt und die Stromerzeugung in thermischen Kraftwerken. Auch für die jahreszeitliche Verteilung des Abflusses lässt sich bislang kein signifikanter Trend erkennen.

Im Vergleich zu den Schwankungen des mittleren Abflusses sind Hochwasserereignisse stärker im öffentlichen Bewusstsein, da sie menschliche Aktivitäten ganz unmittelbar betreffen können. Die Zeitreihe zeigt, an wie vielen der 21 ausgewählten Pegel in einem Jahr markante Hochwasser auftraten. Eine hohe Zahl der von Hochwasser betroffenen Pegel bedeutet, dass es in vielen Regionen Deutschlands zu Hochwasserereignissen kam. Solch großflächige Hochwasserereignisse waren seit den 1980er Jahren mehrfach zu verzeichnen, einen

### Schnittstellen

FiW-I-3: Betroffenheit durch Stürme und Hochwasser  
 VE-I-1: Schiffbarkeit der Binnenschifffahrtsstraßen

### Ziele

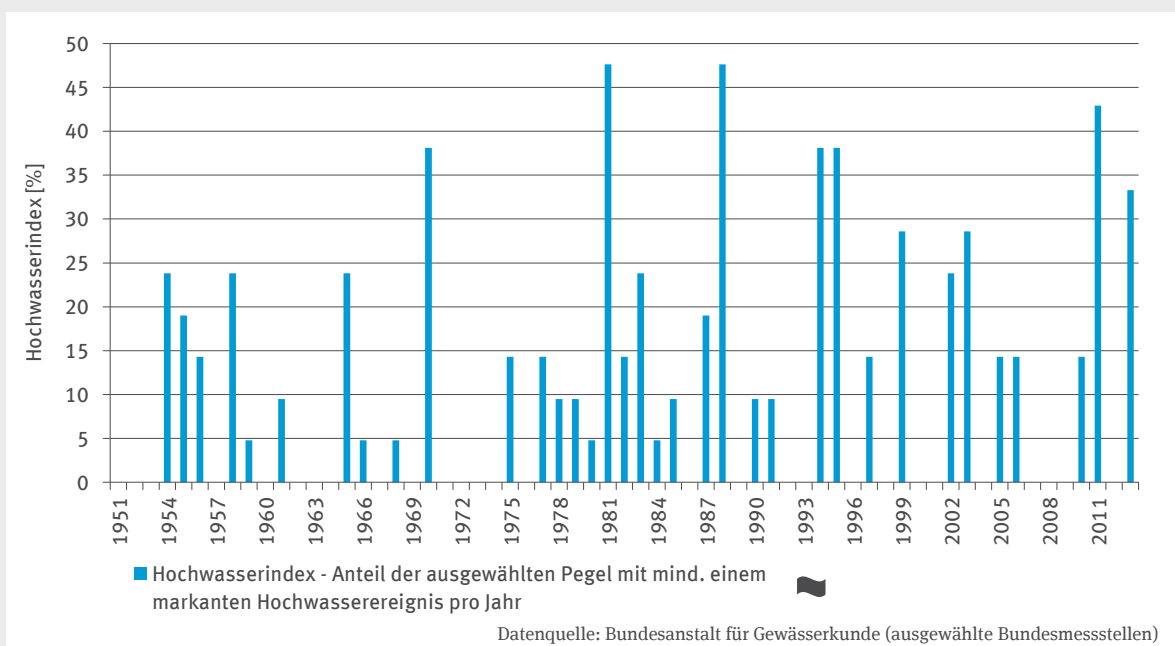
Schutz gegen zunehmende Hochwasserrisiken in Flussgebieten (DAS, Kap. 3.2.14)

Festsetzung von Überschwemmungsgebieten und Schaffung von Rückhalteflächen (Wasserhaushaltsgesetz, §§ 76 (2) und 77)

signifikanten Trend weist die Zeitreihe aber nicht auf. In etlichen Fällen, so z. B. in den Jahren 1970, 1988, 1994, 1995, 2003 und 2011, war das Hochwassergeschehen überwiegend durch Winterhochwasser infolge von Tauwetter und gleichzeitig starken Niederschlägen gekennzeichnet. In den Jahren 1999, 2002 und 2013 sind die Hochwasser durch Starkniederschläge im Sommer in mehreren deutschen Bundesländern entstanden. In Einzelfällen wie 1981 können in einem Jahr auch beide Situationen zu markanten Hochwasserereignissen in unterschiedlichen Regionen führen.

## WW-I-3: Hochwasser

Der Anteil der Pegel, an denen mindestens einmal in einem Jahr ein markanter Hochwasserabfluss gemessen wurde, zeigt bislang keinen signifikanten Trend. Allerdings schlagen sich großflächigere Ereignisse, in denen mehrere Regionen in Deutschland von Hochwasser betroffen waren, z. B. in den Jahren 1970, 1981, 2002 und 2013 deutlich in der Zeitreihe nieder.



## Niedrigwasser - bislang weitgehend unter Kontrolle

Niedrigwasserereignisse gehören ebenso wie auch Hochwasser zum natürlichen Abflussgeschehen. In den alpin geprägten Einzugsgebieten kann es im Winter aufgrund der Speicherung der Niederschläge in Form von Schnee zu Niedrigwasserereignissen kommen. In den von Mittelgebirgen geprägten Flussgebieten und bei den Flüssen des Tief- und Flachlandes dagegen treten Niedrigwasser vor allem im Sommer und Frühherbst infolge klimatisch bedingten Niederschlagsmangels auf. Länger anhaltende meteorologische Trockenzeiten, d. h. Zeiten, in denen potenziell mehr Wasser verdunstet als durch Niederschlag hinzukommt, verschärfen die jahreszeitlich bedingten Niedrigwasser vor allem in den Sommermonaten.

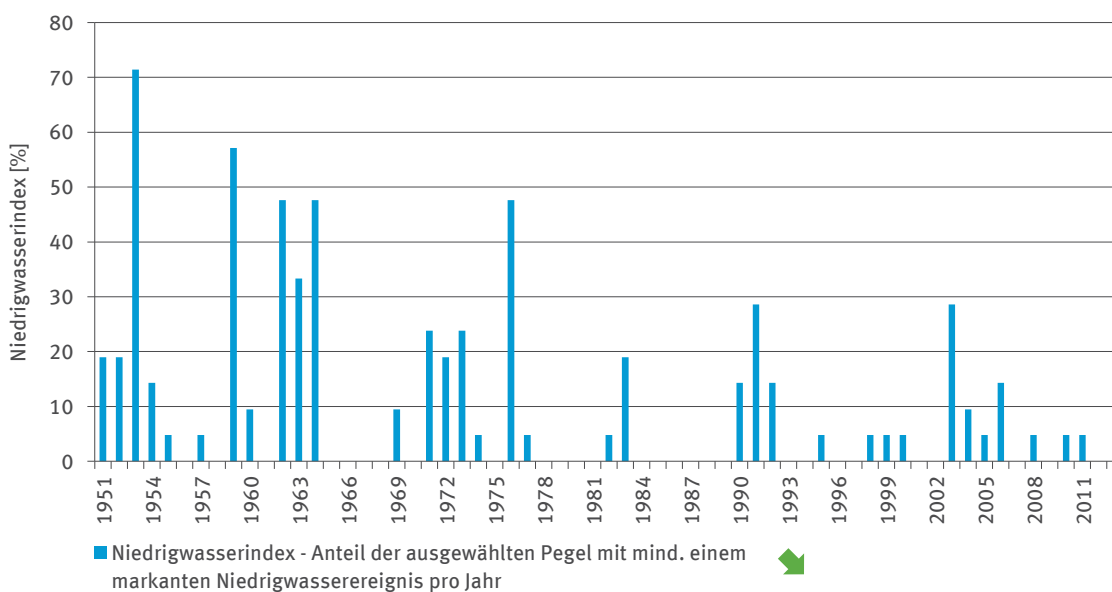
Der Klimawandel kann den Zeitpunkt, die Dauer und die Intensität von Niedrigwasserereignissen vielfältig beeinflussen. Mit der projizierten Verschiebung des Niederschlags von den Sommermonaten in die Wintermonate sowie einer höheren Verdunstung durch höhere Temperaturen können die Abflüsse im Sommerhalbjahr abnehmen.

Die Folgen von Niedrigwasserereignissen beeinflussen sowohl die ökologische Qualität der Gewässer als auch deren Nutzung. Durch die niedrigeren Fließgeschwindigkeiten bei Niedrigwasser erwärmt sich das Wasser schneller. Dies hat ein stärkeres Pflanzenwachstum vor allem von Algen zur Folge, was zu niedrigeren Sauerstoffkonzentrationen vor allem in Flusseen führt. Reduzieren sich die Abflüsse, werden Einträge in die Gewässer weniger verdünnt, was zu höheren Nährstoff- bzw. Schadstoffkonzentrationen führt. Beide Prozesse haben weitreichende Auswirkungen auf die Lebewesen in den Gewässern.

Für verschiedene Nutzungen der Gewässer ist ein ausreichender Abfluss bzw. eine ausreichende Wasserverfügbarkeit Grundvoraussetzung. Die Flussschifffahrt ist unterhalb einer jeweils flussspezifischen Mindestwasserführung nur eingeschränkt möglich. Außerdem kann bei geringem Abfluss die Wasserentnahme zu Kühlzwecken oder zur landwirtschaftlichen Beregnung gefährdet sein,

### WW-I-4: Niedrigwasser

Der Anteil der 21 ausgewählten Pegel in den Flussgebieten von Donau, Elbe, Ems, Oder, Rhein und Weser, an denen es mindestens einmal im Jahr zu einer markanten Niedrigwassersituation kommt, nimmt signifikant ab. Zu dieser Entwicklung tragen z. B. die Abflussregulierung mit Hilfe von Stauseen und Talsperren und eine effizientere Wassernutzung bei.



Datenquelle: Bundesanstalt für Gewässerkunde (ausgewählte Bundesmessstellen)

oder es können mengenmäßige Beschränkungen für die Einleitung von Abwasser erlassen werden.

Für die dargestellte Zeitreihe wurden die Abflusswerte von 21 Pegeln an deutschen Flüssen daraufhin ausgewertet, ob dort mindestens ein markantes Niedrigwasserereignis pro Jahr aufgetreten ist. Zwar erlaubt diese Auswertung keine Rückschlüsse darauf, wie ausgeprägt ein Ereignis war oder ob es an einem Pegel nur zu einem oder zu mehreren Niedrigwasserereignissen im Jahr gekommen ist. Dennoch geben Spitzenwerte in einzelnen Jahren Hinweise darauf, dass sich im jeweiligen Jahr außergewöhnliche Niedrigwassersituationen ereignet haben. So zeigt sich bei näherer Betrachtung der Niedrigwasserereignisse in der Vergangenheit, dass beispielsweise das Wettergeschehen 1952 wesentlichen Einfluss auf das Niedrigwasser 1953 hatte. Hitze und geringe Niederschläge im Jahr 1952 führten bereits zu einer Leerung der Grundwasserleiter. Unterdurchschnittliche Niederschläge zwischen Juli und Dezember des Folgejahres führten dann zu einem ausgeprägten Niedrigwasser.

Bei Betrachtung der zeitlichen Entwicklung zeigt sich, dass der Anteil der 21 ausgewählten Pegel, an denen es mindestens einmal im Jahr zu einer markanten Niedrigwassersituation kommt, seit den 1950er Jahren signifikant abnimmt. Zu dieser Entwicklung trägt z. B. die Nutzung von Stauseen und Talsperren zur Abflussregulierung bei. Auch verbesserte Wassernutzungspraktiken, die dazu führen, dass dem Wasserkreislauf weniger Wasser für menschliche Aktivitäten entzogen wird, haben einen Anteil an dieser Entwicklung.

In den zurückliegenden 20 Jahren treten besonders die Jahre 1991 und 2003 hervor. In 1991 ist das extreme Niedrigwasser auf unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen im Spätwinter und Frühjahr sowie von Juli bis Oktober zurückzuführen. Außerdem war es zwischen Juli und September überdurchschnittlich warm. An der Weser führte dies beispielsweise zu geringen Wasserständen in der Edertalsperre, die dann kein Zuschusswasser zur Erhaltung der Schifffahrt mehr bereitstellen konnte. Das Jahr 2003 war in ganz Deutschland von sehr hohen Temperaturen mit Hitzerekorden im Juni und August und unterdurchschnittlichen Niederschlägen im gesamten Zeitraum zwischen Februar und Oktober geprägt. Mit Ausnahme der Ems kam es an allen großen deutschen Flüssen zu lang anhaltenden Niedrigwasserperioden. Im Flussverlauf der Elbe konnte an der Oberen Elbe, z. B. am Pegel Dresden, durch eine gezielte Erhöhung der Abflussmengen ein Niedrigwasser vermieden werden. Für diese Aufhöhung wurde Wasser aus Talsperren in Tschechien genutzt, das dort im Hochwasserjahr 2002 zur



Zu Niedrigwasser wie hier am Rhein kommt es vor allem im Sommer und Frühherbst, wenn die Niederschläge ausbleiben. (Foto: Rike / pixelio.de)

Entlastung der Unterlieger gespeichert worden war. An der Unterelbe kam es allerdings infolge geringer Pegelstände an den Zuflüssen zu Niedrigwasser, wodurch die Binnenschifffahrt zeitweise eingestellt werden musste.

## Schnittstellen

EW-R-4: Wassereffizienz thermischer Kraftwerke  
VE-I-1: Schifffbarkeit der Binnenschifffahrtsstraßen

## Werden unsere Seen wärmer?

Die Wassertemperatur ist eine der zentralen Einflussgrößen auf die in Seen ablaufenden Prozesse. Sie bestimmt zugleich die Rahmenbedingungen für die Nutzung der Seen und ihr Management. Die Wassertemperatur ist direkt abhängig von der Lufttemperatur, deren tages- und jahreszeitlicher Verlauf vom Klimawandel beeinflusst ist. Klimaprojektionen zufolge steigt die durchschnittliche Lufttemperatur in Deutschland, die Winter werden wärmer und kürzer, der Frühling setzt früher ein, und die sommerlichen Hitzeperioden fallen im Mittel heißer und länger aus. Vor diesem Hintergrund ist es naheliegend, von unmittelbaren Auswirkungen des Klimawandels auf die Ökosysteme stehender Gewässer auszugehen.

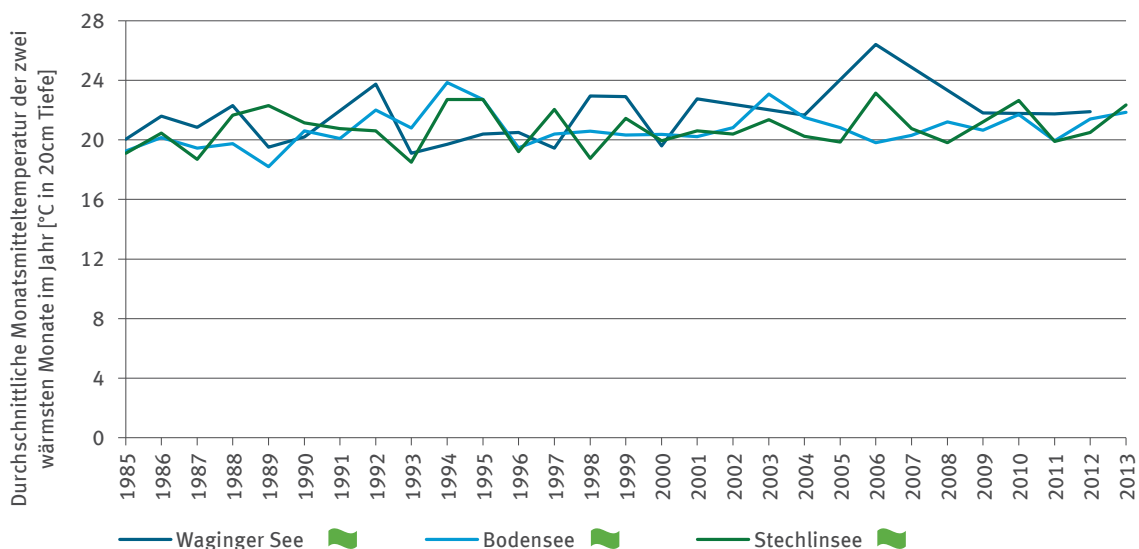
Die Temperatur und der Wärmehaushalt eines Gewässers steuern viele physikalische, chemische und biologische Prozesse. So nimmt die Reaktionsgeschwindigkeit vieler chemischer und biochemischer Prozesse bei einer Temperaturerhöhung zu, viele Stoffe wie beispielsweise natürliche Salze lösen sich in wärmerem Wasser leichter, Gase wie Sauerstoff hingegen schwerer. Die sich daraus

ergebenden chemischen Veränderungen haben einen erheblichen Einfluss auf Pflanzen und Tiere sowie Kleinstlebewesen in den Gewässern.

Viele in den Gewässern vorkommende Lebewesen sind an spezifische Temperaturverhältnisse angepasst. Bereits geringfügige Änderungen können zu Verschiebungen der Artenzusammensetzung führen. Die bisher vorkommenden Arten werden dabei von teilweise auch nichtheimischen Arten, die von höheren Temperaturen profitieren, verdrängt. Außerdem kann es Veränderungen im jahreszeitlichen Entwicklungszyklus von Lebewesen geben. Zu den direkten Auswirkungen der Temperaturveränderungen kommen als indirekte Folge veränderte stoffliche Bedingungen. Manche Organismen akzeptieren geringe Sauerstoffgehalte oder hohe Salzkonzentrationen, andere sind dagegen auf einen sehr guten Gewässerzustand angewiesen. Auch dies führt zu einer veränderten Artenzusammensetzung. Beobachtbare Veränderungen der Artenzusammensetzung auf den Klimawandel zurückzuführen, ist dennoch ein schwieriges Unterfangen, da

### WW-I-5: Wassertemperatur stehender Gewässer – Fallstudie

Der Bodensee und der Wälinger See sowie der Stechlinsee unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Morphologie und der klimatischen Ausgangsbedingungen des Naturräume. In Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen schwanken die Oberflächentemperaturen teilweise deutlich zwischen den Jahren. Bei keinem der Seen lässt sich auf der Grundlage der bisherigen Zeitreihe ein Trend zu höheren Wassertemperaturen erkennen.



Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt (eigene Messungen); Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (eigene Messungen); Leibniz Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (eigene Messungen)

zahlreiche Einflussfaktoren vor allem auch der Nutzung der Gewässer und ihrer Randbereiche zusammenwirken. Vergleichbare Unsicherheiten gelten mit Blick auf Veränderungen von Nutzungsmöglichkeiten der Seen und die wasserwirtschaftlichen Herausforderungen.

Die Wassertemperatur ist stark von der geographischen Lage der jeweiligen Seen abhängig. Mit der Lage im Hochgebirge oder Tiefland verändern sich die Charakteristika der Gewässer. Unterschiede ergeben sich vor allem beim Kalkgehalt, dem Wasserdurchfluss und häufig auch der Gewässertiefe. Entwicklungen lassen sich daher sinnvollerweise nur für repräsentative Seen darstellen. Über mehrere Gewässer gemittelte Daten sind demgegenüber nicht oder nur sehr eingeschränkt aussagekräftig. Der Bodensee und der Waginger See sind typische Seen des Naturraums Alpen und Alpenvorland, die von kühlen Gebirgszuflüssen gespeist sind und eine große Tiefe und damit auch ausgeprägte Temperaturschichtung aufweisen. Allerdings unterscheiden sich auch diese beiden Seen deutlich. So gilt der Waginger See als der wärmste See Oberbayerns, dessen Wasserqualität stark von seinem landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebiet beeinflusst ist. Der Bodensee ist der drittgrößte See Mitteleuropas und bezieht sein Wasser zum größten Teil aus seinem alpinen Einzugsgebiet über die Zuflüsse des Alpenrheins und der Bregenzer Aach. Die sommerliche Wasserführung der Alpenflüsse bestimmt damit auch die Temperatur des Sees. Die Seen der norddeutschen Tiefebene werden durch wärmere und kalziumreiche Zuflüsse geprägt. Es gibt sowohl flache Flusseen als auch eiszeitgeprägte Seen mit einer Tiefe von über 30 m. Für den Naturraum der norddeutschen Tiefebene wurde der Stechlinsee im Norden Brandenburgs als Beispiel ausgewählt. Es handelt sich dabei um einen tiefen See mit stabiler Schichtung. Bei der Darstellung der Temperaturentwicklung wurde berücksichtigt, dass der Stechlinsee bis zum Jahr 1990 stark vom Kühlkreislauf des Kernkraftwerks Rheinsberg beeinflusst wurde. Die Temperaturkurve wurde um diesen Einfluss bereinigt. Die beiden Naturräume unterscheiden sich durch ihre unterschiedlichen regional klimatischen und geografischen Ausgangsbedingungen. Für die Mittelgebirgsseen stehen bisher noch keine ausgewerteten Daten zur Verfügung.

Für alle drei Seen lässt sich seit 1985 keine signifikante Veränderung der Oberflächentemperatur erkennen. Die Schwankungen zwischen den Jahren sind ausgeprägt. Die regionalen Unterschiede sowohl bei den Witterungsverhältnissen der jeweiligen Jahre als auch die morphologischen Unterschiede der Seen führen dazu, dass in einzelnen Jahren die Entwicklungen auch gegenläufig sein können. So führten beispielsweise die



Die Temperatur des Bodensees ist aufgrund seines alpinen Einzugsgebiets auch von der sommerlichen Wasserführung der Alpenflüsse abhängig. (Foto: bmd / pixelio.de)

außerordentlich hohen Lufttemperaturen im Juni und Juli 2006 zu Wassertemperaturspitzen im Stechlinsee und Waginger See, nicht jedoch im Bodensee. Im Bodenseegebiet war dem warmen Sommer 2006 ein besonders kalter Winter vorausgegangen, der vermutlich den See so extrem ausgekühlt hat, dass die Erwärmung im Sommer ein geringeres Niveau erreichen konnte. Demgegenüber führte der Hitzesommer 2003 vor allem im Bodensee zu überdurchschnittlich hohen Wassertemperaturen. Vergleichsweise sehr hohe Wassertemperaturen brachte auch der sehr warme Sommer 1994 für den Bodensee und den Stechlinsee. Einer zweimonatigen Hitzeperiode mit sehr hohen Temperaturen im Sommer 1994 war zusätzlich ein sehr milder Winter vorausgegangen.

## Schnittstellen

WW-I-6: Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern

WW-I-7: Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern

FI-I-2: Vorkommen wärmeliebender Arten in Binnengewässern

## Ziele

Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer: guter ökologischer Zustand bzw. gutes ökologisches Potenzial sowie guter chemischer Zustand (Wasserhaushaltsgesetz, § 27)

## Zirkulationsbedingungen bisher nicht signifikant verändert

Neben den bereits beschriebenen direkten und indirekten Wirkungen der Wassertemperatur auf den Stoffhaushalt von Seen, deren Artenzusammensetzung und Nutzbarkeit verändert sich mit den Wassertemperaturen auch die Schichtung der Gewässer. Dies wiederum hat Auswirkungen auf zentrale gewässerökologische Prozesse.

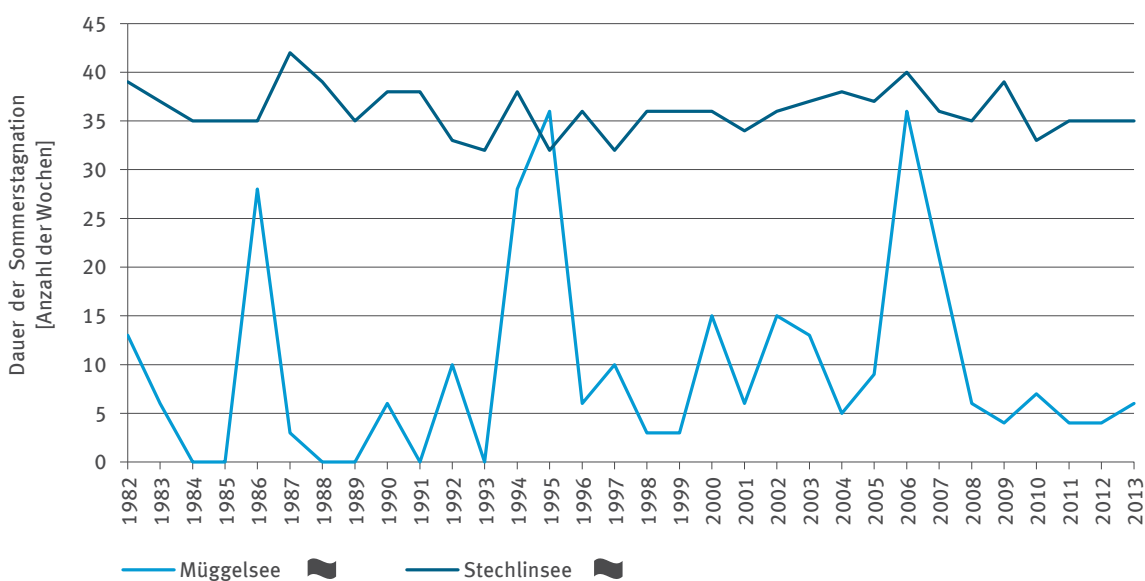
Vor allem in ausreichend tiefen Seen wechseln im Jahresverlauf Phasen der Durchmischung und der stabilen Temperaturschichtung. Die sommerliche Sonneneinstrahlung erwärmt das Oberflächenwasser, nicht aber die tiefen Wasserschichten. Durch die unterschiedlichen Wassertemperaturen entwickelt sich eine mehr oder weniger stabile Schichtung des Wasserkörpers, die sogenannte Sommerstagnation, die den Austausch von Sauerstoff und Nährstoffen zwischen den Schichten verhindert. Sie endet, wenn im Herbst bei Absinken der Oberflächentemperatur die Zirkulation wieder einsetzt. Die infolge der winterlichen Abkühlung des Oberflächenwassers wieder entstehende stabile Schichtung wird in Abhängigkeit der Lufttemperaturen im Winter und Frühjahr

unterschiedlich schnell wieder durch die Frühjahrszirkulation aufgehoben. Mit dieser gelangt nährstoffreiches Tiefenwasser an die Seeoberfläche und fördert dort in dieser Phase das Wachstum von Algen. Je wärmer der Winter und je höher die Frühjahrstemperaturen sind, desto früher setzt diese Frühjahrsalgenblüte ein.

Grundsätzlich ist der zeitliche Verlauf der Zirkulation und Schichtung in Abhängigkeit u. a. von der Seengröße, der Wassertiefe, dem Zirkulationstyp und dem regionalen Klima für jeden See verschieden. Tiefe Seen bilden meist eine stabilere Schichtung aus als flache Seen, die durch Winde auch im Sommer vollständig durchmischt werden können. In Deutschland stehen aber nur für wenige Seen lange Zeitreihen von Temperaturmessungen in Form von Tiefenprofilen zur Verfügung, sodass sich Veränderungen der Schichtungsverhältnisse nur für wenige Seen darstellen lassen. Der Stechlinsee in Norddeutschland ist ein tiefer See mit ausgeprägter sommerlicher Temperaturschichtung. Der Müggelsee in Berlin ist ein von der Spree durchflossener Flussee. Sein flaches Seebecken

### WW-I-6: Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern – Fallstudie

Deutlich zu erkennen ist, dass die Länge der Dauer von stabilen Schichtungsverhältnissen vor allem im flachen Müggelsee stark schwankt und von langanhaltend warmen Sommern abhängig ist. Statistisch lässt sich bisher kein Trend nachweisen.



Datenquelle: Leibniz Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (eigene Messungen)

führt dazu, dass Schichtungen des Wassers weniger stark ausgeprägt sind. Allerdings spielen in diesem See auch in erheblichem Maße menschliche Einflüsse eine Rolle. Stromaufwärts in der Lausitz befinden sich Braunkohle-tagebaue, für deren Betrieb Grundwasser abgepumpt und in die Spree eingeleitet wird. Die Intensität des Betriebs der Tagebaue hat Einfluss auf die eingeleiteten Wassermengen. Dieser Einfluss konnte aus der Datenreihe nicht herausgerechnet werden und kann daher den Entwicklungsverlauf beeinflussen.

Der Zeitpunkt des Eintretens der Frühjahrsalgenblüte schwankt in beiden Seen von Jahr zu Jahr stark. Der Eintritt der Frühjahrsalgenblüte und die Dauer der Stagnationsperiode korrelierten in den Jahren 1995 und 2002 für den Müggelsee stark. Infolge eines milden Winters trat die Frühjahrsalgenblüte früh im Jahr ein, und es folgte eine lange Stagnationsperiode. Generell hat der Müggelsee aufgrund seiner geringeren Wassertiefe eine deutlich kürzere Stagnationsperiode als der Stechlinsee. Deutlich wird, dass die langanhaltend warmen Temperaturen in den Jahren 1986, 1994, 1995 und 2006 einen starken Einfluss auf den flachen Müggelsee hatten.

### Schnittstellen

WW-I-5: Wassertemperatur stehender Gewässer  
 FI-I-2: Vorkommen wärmeliebender Arten in Binnengewässern

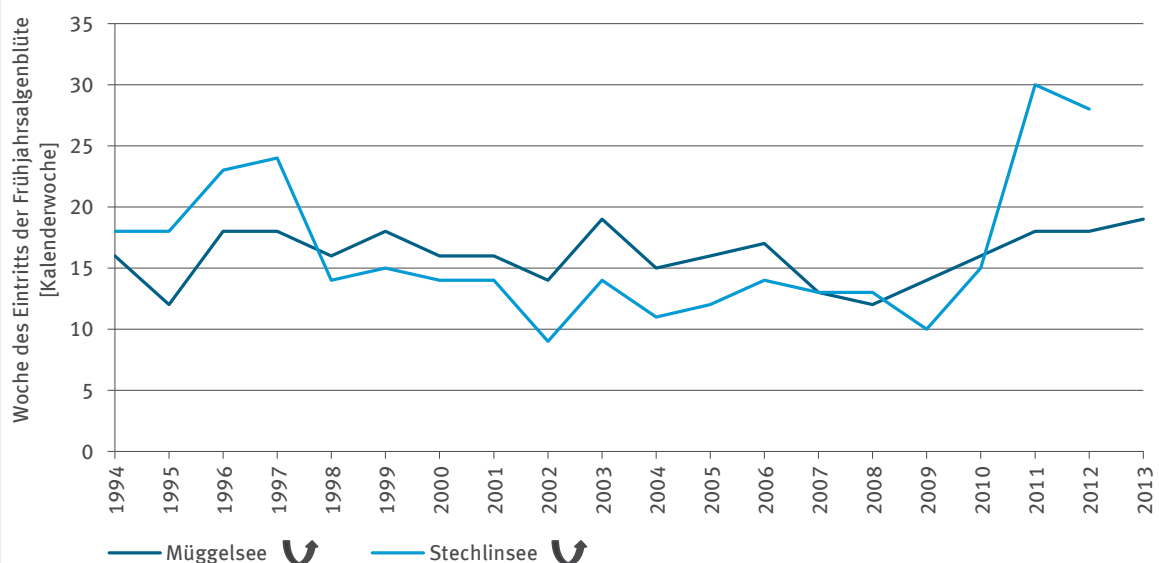
### Ziele

Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer:  
 guter ökologischer Zustand bzw. gutes ökologisches Potenzial sowie guter chemischer Zustand  
 (Wasserhaushaltsgesetz, § 27)

Im langjährigen Vergleich lässt sich statistisch kein Trend bei der Dauer der Stagnationsperiode feststellen. Es gibt starke Schwankungen zwischen einzelnen Jahren, die von den jeweiligen Winter- und Sommertemperaturen abhängen. Die statistische Analyse der Zeitreihe zum Eintritt der Frühjahrsalgenblüte ergibt einen quadratischen Trend. In den 1990er Jahren gab es eine Reihe milder Winter, die zu einem vergleichsweise früheren Eintreten der Frühjahrsalgenblüte führte. Zwischen 2008/2009 und 2012/2013 waren alle Winter kälter als im langjährigen Mittel, sodass die Frühjahrsalgenblüte später eintrat.

## WW-I-7: Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern – Fallstudie

Der Zeitpunkt des Eintretens der Frühjahrsalgenblüte ist abhängig von den im Spätwinter und Frühjahr herrschenden Temperaturen. Besonders milde Winter wie beispielsweise 2001/2002 oder besonders kalte Winter wie 2010/2011 prägen den Verlauf der Zeitreihe. Der statistisch ermittelte quadratische Trend darf daher nicht überinterpretiert werden.



Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt (eigene Messungen),  
 Leibniz Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (eigene Messungen)

## Die Meere werden wärmer

Wie bei den Binnengewässern gibt es auch im Falle der Meere einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen der Luft- und Wassertemperatur. Messungen im Stationsnetz des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie zeigen für die letzten Jahre bereits eine Tendenz zu höheren Wassertemperaturen in der Nord- und Ostsee. Bei weiter ansteigenden mittleren Lufttemperaturen muss auch mit einem weiteren Anstieg der Meerestemperaturen gerechnet werden.

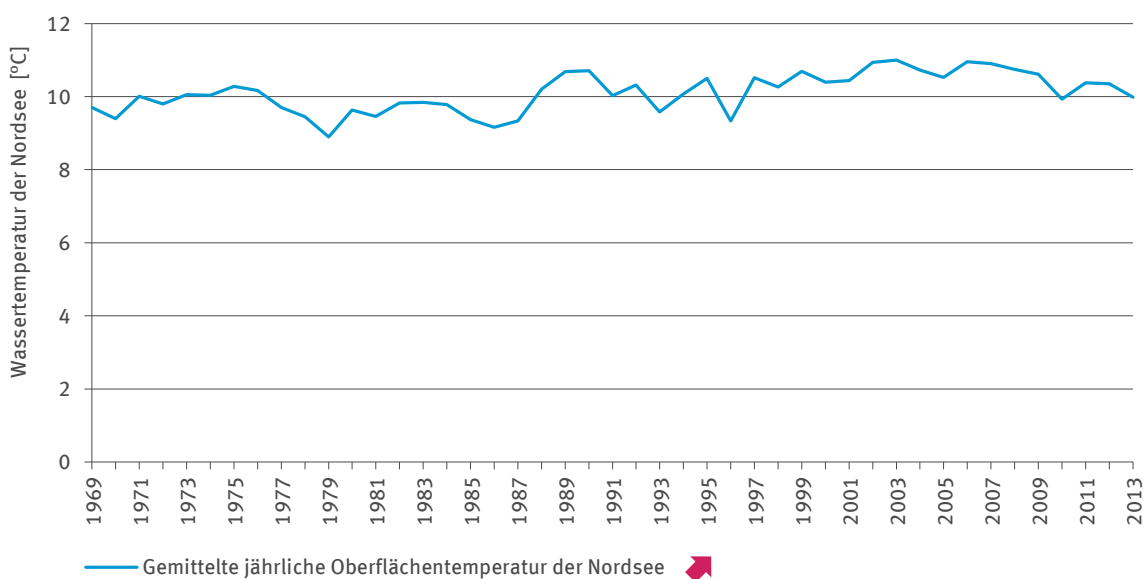
Die Temperatur des Meerwassers wird außerdem von Meeresströmungen beeinflusst. Das relativ warme Klima in Mittel- und Nordeuropa ist auf den Golfstrom bzw. den Nordatlantikstrom zurückzuführen. Er bringt warmes Meerwasser aus dem Golf von Mexiko über den Atlantik bis an die Küsten Europas. Die Strömung entsteht durch Dichteunterschiede, die ihrerseits auf Unterschiede in der Wassertemperatur und im Salzgehalt zurückzuführen sind. Die Strömungsrichtung wird vor allem durch den Westwindgürtel erzeugt. Die Auswirkungen

des Klimawandels auf den Golfstrom und damit auf die Meerwasser- und Lufttemperaturen in Europa werden kontrovers diskutiert. Durch das Abschmelzen des arktischen Eises, d. h. des Meereises und des Grönländischen Eisschildes, und erhöhten Niederschlag werden dem Nordatlantik große Mengen Süßwassers zugefügt, was den Dichtegradienten verändert. Dadurch könnte der Golfstrom abgeschwächt werden. Satellitenaufnahmen und aktuelle Messungen weisen derzeit jedoch eher auf eine Verstärkung des Golfstroms hin. Projektionen zur Entwicklung ozeanischer Strömungsmuster in Abhängigkeit des Klimawandels sind mit großen Unsicherheiten behaftet, da viele bisher wenig untersuchte Parameter in die Modellierungen einfließen und sich Wechselwirkungen noch schwer abschätzen lassen.

Die gemittelte jährliche Oberflächentemperatur der Nordsee zeigt seit Ende der 1960er Jahre bis heute einen signifikanten Anstieg. Die bisher höchste Mitteltemperatur von 11,0 °C wurde im Jahrhundertsommer 2003 erreicht.

### WW-I-8: Wassertemperatur des Meeres

Zwischen der Oberflächentemperatur des Meeres und der Lufttemperatur gibt es sehr enge Zusammenhänge. Besonders warme Sommer, wie zum Beispiel in den Jahren 2003 und 2006 korrelieren eng mit vergleichsweise hohen Meerestemperaturen. Seit Beginn der Betrachtung stiegen die Wassertemperaturen der Nordsee signifikant an.



Datenquelle: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (eigene Messungen in der Nordsee)



Im ebenfalls warmen Sommer 2006 lag die Temperatur mit 10,96 °C nur geringfügig darunter. Damit werden die engen Zusammenhänge zwischen der Luft- und Meerwassertemperatur deutlich. Untersuchungen haben gezeigt, dass auch die mittleren Temperaturen in der Ostsee seit den 1960er Jahren deutlich angestiegen sind. Dieser Anstieg ist vor allem durch steigende Minimaltemperaturen verursacht, also vor allem durch Veränderungen im Frühjahr und Winter.<sup>5</sup>

Im globalen Maßstab kam es – den Darstellungen im neuesten Bericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) von 2013 zufolge – zwischen 1971 und 2010 zu einer Erwärmung der obersten 75 m des Ozeans von 0,11 °C pro Dekade. Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass 90 % der globalen Erwärmung im gesamten Klimasystem in diesem Zeitraum im Ozean gespeichert ist, der größte Anteil davon in den oberen 700 m des Wasserkörpers.<sup>6</sup> Eine Erwärmung um 0,11 °C erscheint auf den ersten Blick gering. Allerdings ist der Ozean durch seine große Masse, die einem Vielfachen der Atmosphäre entspricht, und durch seine hohe Wärmekapazität mit Abstand das größte Wärme-Reservoir im Klimasystem.

Die unmittelbare physikalische Folge steigender Wassertemperaturen ist eine Ausdehnung des Meerwassers, denn bei einer Erwärmung des Meerwassers nehmen die Dichte ab und das Volumen zu. Diese Ausdehnung wiederum ist eine der Ursachen des Meeresspiegelanstiegs. Berechnungen zufolge lassen sich global 39 % des zwischen 1993 und 2010 beobachteten Meeresspiegelanstiegs auf die thermische Ausdehnung des Meerwassers zurückführen.

Steigen die Wassertemperaturen im Meer, so hat dies – vergleichbar mit der Situation in Binnengewässern – weitreichende Auswirkungen auf das gesamte marine Ökosystem. Arten passen bei Temperaturveränderungen ihre Verbreitungsgebiete an oder sterben regional aus. An ihre Stelle treten andere Arten. Dies führt zu weitreichenden Veränderungen der Zusammensetzung mariner Artengemeinschaften und mariner Nahrungsnetze. Für die Meeresfischerei können solche Artverschiebungen eine relevante Rolle spielen, da sich die Verbreitungsgebiete von fischereilich bedeutsamen Arten verändern. Auch an den deutschen Küsten haben die Folgen erhöhter Meerwassertemperaturen in den vergangenen Jahren zu Schlagzeilen geführt. So kam es in den warmen Sommermonaten immer wieder, wie beispielsweise im Jahr 2013 an der Nordsee, zu Blaualgenblüten, die den Badetourismus beeinträchtigt haben. Neben hohen Wassertemperaturen fördert auch die Überdüngung der Meere die Vermehrung der Blaualgen.



Die Wassertemperaturen der Nordsee steigen an.  
(Foto: Muns - Nordsee Wellen / commons.wikimedia.org  
CC BY-SA 3.0)

## Schnittstellen

FI-I-1: Verbreitung warmadaptierter mariner Arten  
TOU-I-1: Badetemperaturen an der Küste

## Ziele

Begrenzung aller Faktoren, die zur Erwärmung und zur Versauerung führen (DAS, Kap. 3.2.3)

## Der Meeresspiegel der Nord- und Ostsee steigt

Die Gletscher und die Eisschilde der Pole schmelzen und liefern große Mengen von Schmelzwasser. Gleichzeitig dehnt sich bei steigenden Wassertemperaturen das Meerwasser aus. Die Gletscherschmelze und die Meerwasser- ausdehnung erklären 75 % des seit den frühen 1970er Jahren beobachteten Meeresspiegelanstiegs.<sup>6</sup>

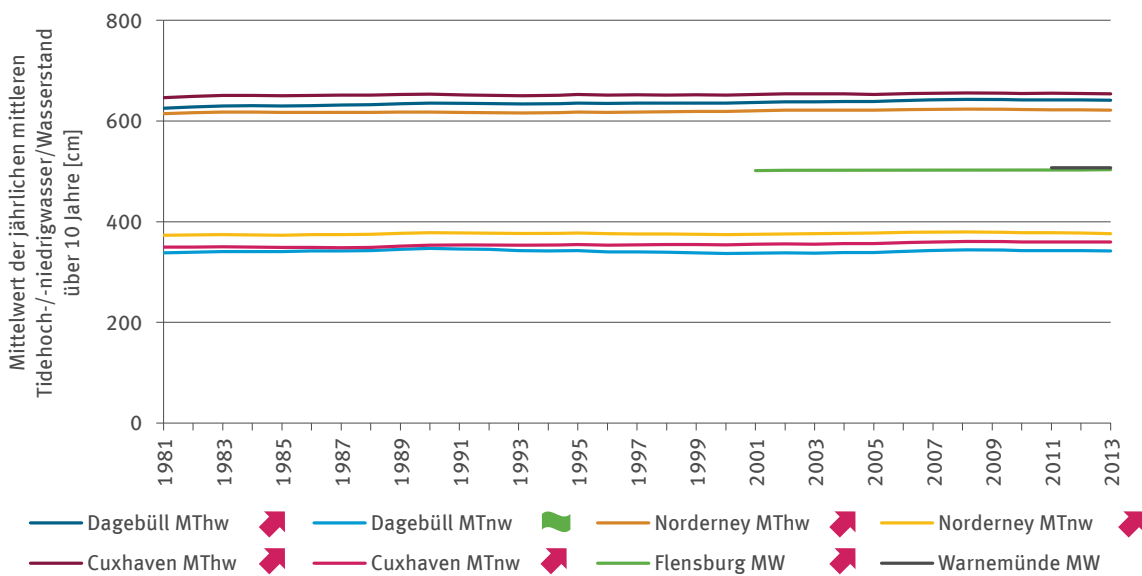
Der fünfte Klimabericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) von 2013 stellt fest, dass der globale mittlere Meeresspiegel im Zeitraum von 1901 bis 2010 um etwa 19 cm angestiegen ist. Der mittlere Anstieg betrug in dieser Zeit etwa 1,7 mm pro Jahr. In den letzten 20 Jahren war dieser Wert mit ca. 3,2 mm pro Jahr fast doppelt so groß. Das bedeutet, dass sich der Anstieg deutlich beschleunigt hat. Selbst wenn beträchtliche Klimaschutzanstrengungen unternommen werden, also das niedrigste Emissionsszenario den Projektionen zugrunde gelegt wird, ist dem IPCC zufolge bis Ende des 21. Jahrhunderts eine Erhöhung um weitere 26 bis 55 cm zu erwarten. Ohne Emissionsbeschränkungen

wird der Meeresspiegel bis Ende des Jahrhunderts zwischen 45 und 82 cm ansteigen. Der IPCC schließt nicht aus, dass der Anstieg des Meeresspiegels auch deutlich höher ausfallen könnte.<sup>6</sup> Der Anstieg vollzieht sich allerdings regional sehr unterschiedlich. Dies gilt auch für die Nord- und Ostsee. Während beispielsweise an der Südküste der Ostsee Landsenkungen auftreten, die allein schon zu einem relativen Anstieg des Meeresspiegels führen, hebt sich das Land an der nördlichen Küste, beispielsweise in Schweden, im Zuge der noch immer andauernden nacheiszeitlichen Landhebung ganz Skandinaviens so stark, dass der erwartete Meeresspiegelanstieg keine Gefährdung der Küsten darstellt.

Der ansteigende Meeresspiegel bedeutet für Küstenregionen, vor allem für Flussdeltas und tiefliegende Küstenebenen, zunächst eine höhere Gefährdung durch Sturmfluten, die häufiger und in höherer Intensität auftreten können. Bei einer dauerhaften Wasserstandserhöhung kann es insbesondere an flachen Küsten

### WW-I-9: Meeresspiegel

Die an ausgewählten Pegeln der Nord- und Ostsee gemessenen und über zehn Jahre gleitend gemittelten Wasserstände illustrieren den Meeresspiegelanstieg. Die Zunahmen der Pegelstände sind überwiegend signifikant. Dies erfordert zusätzliche Anstrengungen beim Küstenschutz.



Datenquelle: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Pegeldatenbank der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes)

zu Landverlusten kommen. Hierzu gehören auch die einzigartigen Lebensräume des Wattenmeeres. Bis zu einem gewissen Niveau ist eine Aufhöhung des Wattenmeers durch abgelagerte Sedimente zwar möglich, darüber hinaus kommt es dann aber zu einer dauerhaften Überspülung der Wattflächen. Die Gefährdung der Wattenmeerökosysteme resultiert auch daraus, dass das Wattenmeer durch Deiche an einer Ausbreitung landeinwärts gehindert wird. Im Zuge von Rückdeichungsmaßnahmen kann zukünftig möglicherweise wieder Raum für eine Ausdehnung von Wattflächen und auch anderen wertvollen Lebensräumen wie Salzwiesen entstehen.

Für das nächste Jahrzehnt werden Landverluste an den deutschen Küsten von Experten nicht als Problem gesehen. Bis Ende des Jahrhunderts ist die Einschätzung der Situation allerdings unterschiedlich. Befürchtet werden vor allem die Auswirkungen erhöhter Sturmintensitäten auf die Außendeichflächen, die von dauerhaften Überflutungen betroffen sein könnten. Derzeit wird damit gerechnet, dass sich größere Landverluste mit Hilfe von technischen Küstenschutzanlagen und Pumpanlagen vermeiden lassen. Letztere sind vor allem dann notwendig, wenn eingedeichte Flächen – wie heute bereits in den Niederlanden – dauerhaft unter dem Meeresspiegel liegen und dauerhaft entwässert werden müssen. Diese Maßnahmen sind kostspielig.

Ein weitere Folgewirkung des ansteigenden Meeresspiegels ist die voranschreitende Küstenerosion, die vor allem sandige Brandungsküsten betrifft und damit auch viel besuchte Strände, die die Basis für die touristische Entwicklung an der Nord- und Ostsee sind. Allein die Sandaufspülungen an der Westküste von Sylt haben in den letzten zwanzig Jahren Kosten in Höhe von mehr als 133 Millionen Euro verursacht.

Die Nordsee ist in starkem Maße vom Gezeitenwechsel geprägt. Um den Umfang des Meeresspiegelanstiegs beurteilen zu können, sind daher sowohl Daten zu den jährlichen mittleren Tidehochwasserständen (MThw) als auch zu den Tideniedrigwasserständen (MTnw) erforderlich. An den ausgewählten Nordseepiegeln Cuxhaven, Norderney und Dagebüll zeigen die Tidehochwasserstände im gleitenden 10-Jahres-Mittel seit 1981 signifikant steigende Werte. Für die Pegel Cuxhaven und Norderney gilt dies auch für die Tideniedrigwasserstände.

Die Ostsee unterliegt aufgrund ihrer geografischen Lage mit nur geringer Verbindung zu den Ozeanen einem lediglich schwachen Gezeiteneinfluss, daher sind hier die jährlichen Mittleren Wasserstände (MW) maßgeblich. Der Ostseepiegel Flensburg zeigt ebenfalls einen signifikanten



Küstenerosion ist eine der Folgeerscheinungen eines steigenden Meeresspiegels.  
(Foto: Gyik Toma (Tommy) - Coastal erosion, high tide / flickr.com CC BY 2.0)

Trend zu einem steigenden Meeresspiegel. Für den Pegel Warnemünde ist die Datenreihe für eine solche Trendanalyse noch nicht ausreichend.

## Schnittstellen

WW-I-8: Wassertemperatur des Meeres  
WW-I-10: Intensität von Sturmfluten  
WW-R-3: Investitionen in den Küstenschutz

## Ziele

Der Anstieg des Meeresspiegels und der damit verbundene Anstieg des Grundwasserspiegels sowie die Zunahme der Küstenerosionstendenzen erfordern zusätzliche Anstrengungen beim Schutz der Küstengebiete und begründen wesentliche neue Gesichtspunkte für die Entwicklung der Küstenlandschaften. (DAS, Kap. 3.2.14)

## Bisher kein Anstieg der Sturmflutintensitäten

Sturmfluten entstehen, wenn Wind mit Sturm- oder Orkanstärke größere Wassermassen gegen eine Küste drückt. Bei Neumond oder Vollmond wirken die Anziehungskräfte von Sonne und Mond zusammen und erzeugen einen natürlichen Flutberg. Die Gefahr von Sturmfluten ist daher in dieser Zeit am größten. An der Nordseeküste wird von einer Sturmflut gesprochen, wenn der Wasserstand 1,50 m über dem mittleren Hochwasserstand liegt.

An der Ostsee, wo die Gezeiten kaum eine Rolle spielen, bestimmen vor allem die Dauer und die Stärke des Windes, ob eine Sturmflut entsteht. Hier gelten Wasserstände ab einem Meter über dem mittleren Wasserstand als Sturmflut. An der Ostsee kommen außerdem die sogenannten „Seiches“ (frz. für stehende Welle) zum Tragen, bei denen bei West- oder Nordwestwinden, die oft bereits zu Sturmfluten an der Nordseeküste führen, das Wasser von der deutschen Ostseeküste weggedrückt wird. Bei einem Nachlassen des Sturms schwappt das Wasser

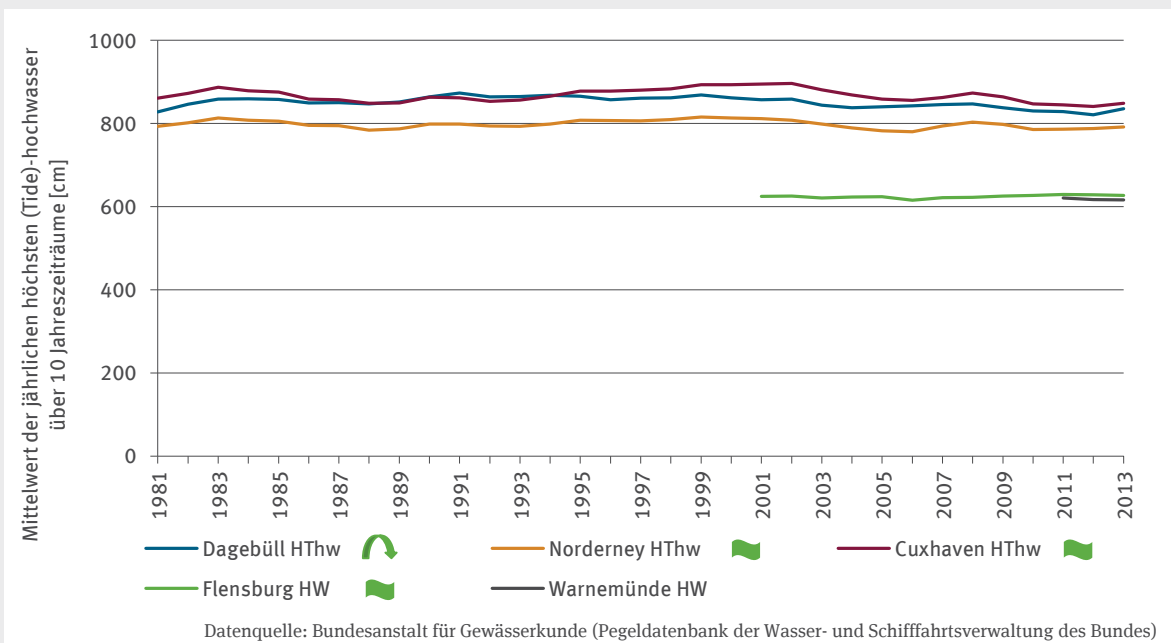
dann zurück und führt zu Sturmfluten an der westlichen Ostseeküste. Zusätzlich tragen Luftdruckveränderungen, die Eigenschwingungen der Wassermassen erzeugen, wesentlich zu Wasserstandsschwankungen bei.

Der Anstieg des Meeresspiegels zum einen und das Auftreten von stärkeren Winden zum anderen können vermehrt zu Sturmflutereignissen bzw. zu größeren Sturmfluthöhen führen. Aufgrund des Anstiegs des Meeresspiegels an der Nordsee in den letzten hundert Jahren haben Sturmfluten in der Nordsee heute ein höheres Ausgangsniveau und laufen durchschnittlich höher auf.<sup>7</sup> Zu einem Anstieg des Sturmflutspiegels kommt es außerdem durch die zunehmende Bedeichung und in jüngster Zeit auch durch das Absperren aller Nebenflüsse von Ems, Weser und Elbe. Damit sind die natürlichen Überflutungsflächen erheblich eingeengt worden.

Größere Sturmflutereignisse führen im Allgemeinen zu Schäden an küstennahen Gebäuden und Infrastrukturen.

### WW-I-10: Intensität von Sturmfluten

Die Entwicklung der Sturmfluten an der Nord- und Osteeküste zeigt an den berücksichtigten Pegeln keine eindeutigen Trends. Lediglich am Nordseepiegel Dagebüll lässt sich statistisch ein quadratischer Trend ermitteln, dessen Gründe aber nicht eindeutig sind. Obwohl der Meeresspiegel gestiegen ist, hat dies bisher keine statistisch nachweisbaren Auswirkungen auf die Intensität von Sturmfluten.



Vor allem an der Nordsee führten große Sturmfluten in der Vergangenheit auch zu großen wirtschaftlichen Schäden. Nach der großen Nordfrieslandflut im November 1981 kam es zu umfangreichen Schäden vor allem an den durch Dünen und nicht durch Deiche gesicherten Nordseeinseln. Nach diesem Ereignis wurde erstmals darüber gesprochen, dass die Insel Sylt in mehrere Teile zerbrechen könnte. Der Pegelstand in Dagebüll stieg auf 4,72 Meter. Der Orkan Anatol im Dezember 1999 erreichte Sturmspitzen von bis zu 200 Stundenkilometern und führte kurzfristig zu einem sehr hohen Anstieg der Pegelstände im gesamten Nordseegebiet. Am Pegel Cuxhaven stieg der Pegelstand auf 4,56 Meter. Die Deiche hielten dem Wasser stand, aber es kam zu Schäden an Gebäuden und zu einer Unterbrechung der Stromversorgung in einigen Dörfern. Im Dezember 2013 war das gesamte Nordseegebiet von Orkan Xaver und einer sehr schweren Sturmflut betroffen. Die Deiche am Festland hielten den Wassermassen stand, aber an den ost- und westfriesischen Inseln kam es zu starken Dünenabbrüchen. Juist sowie Sylt, Föhr und Amrum waren besonders betroffen. Am Sylter Strand wurde die Dünenlandschaft auf einer Länge von 23 Kilometern beschädigt.

Die Intensität der Sturmfluten wird mit dem jährlich höchsten Tidehochwasser (HThw) an den Nordseepegeln bzw. dem jährlich höchsten Hochwasser (HW) an den Ostseepegeln beschrieben. Diese Werte werden auch der Bemessung des Hochwasserschutzes an der Nord- und Ostseeküste zugrunde gelegt. Der Indikator betrachtet das höchste Tidehochwasser pro Jahr an der Nordsee und das höchste Hochwasser pro Jahr an der Ostsee. Für diese Wasserstände wurde ein gleitendes Mittel über die letzten zehn Jahre ermittelt.

Aus der Darstellung auf Basis gleitender 10-Jahresmittelwerte sind extreme Einzelereignisse nicht abzulesen. Lediglich Häufungen von solchen Ereignissen führen zu ansteigenden Werten. Über die gesamte Zeitreihe betrachtet lässt sich für die ausgewählten Pegel bisher kein Trend ableiten.



Sturmfluten sind eine Bedrohung für küstennahe Infrastrukturen (Foto: J.Bredehorn / pixelio.de)

## Schnittstellen

WW-I-9: Meeresspiegel

WW-R-3: Investitionen in den Küstenschutz

## Ziele

Raumordnerische Voraussetzungen für den Schutz gegen zunehmende Sturmflut- und Hochwasserrisiken (DAS, Kap. 3.2.14)

## Wassernutzung deutlich zurückgegangen

Deutschland ist ein wasserreiches Land, in dem es unter den aktuellen Bedingungen lediglich regional und saisonal begrenzt zu Einschränkungen der Wasserverfügbarkeit kommen kann. Im langjährigen Mittel sind rund 188 Milliarden Kubikmeter Grund- und Oberflächenwasser potenziell verfügbar. Gleichwohl kann es vor allem bei längeren und häufiger auftretenden regionalen Trockenheitsphasen und Niedrigwasserperioden infolge eines reduzierten Wasserdargebots zu regionalen Nutzungskonflikten bei oberirdischen Gewässern und insbesondere bei oberflächennahen Grundwasserentnahmen kommen.

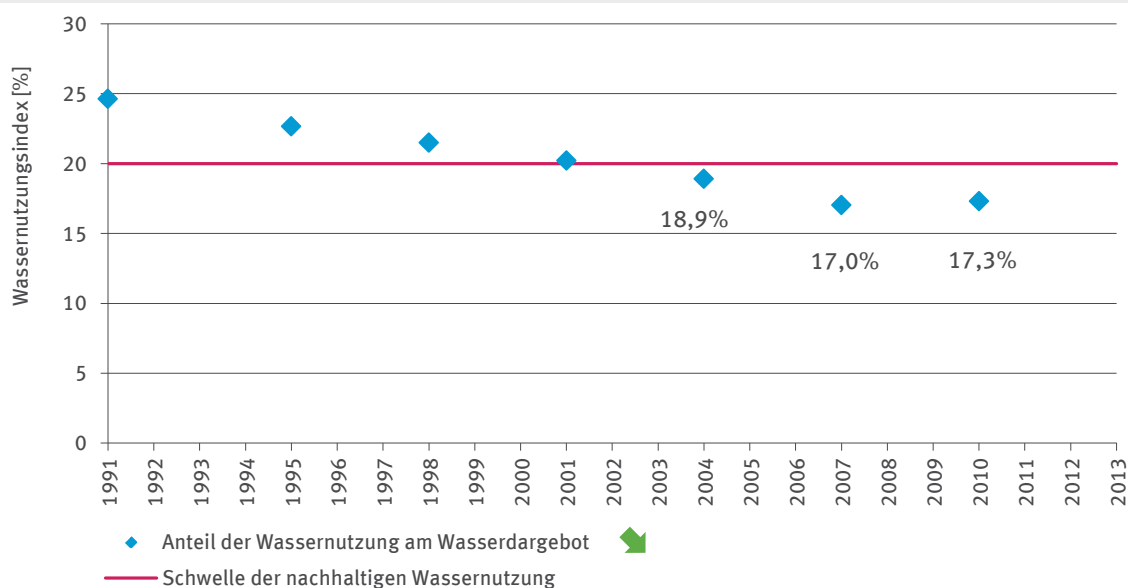
Betroffen sind vor allem die zentralen Teile Ostdeutschlands, das nordostdeutsche Tiefland und das südostdeutsche Becken, die ungünstige klimatische Wasserbilanzen aufweisen. Angepasste Gewinnungs- und Verteilungssysteme machen es aber möglich, dass der Wasserbedarf für die verschiedenen Nutzungen innerhalb Deutschlands derzeit ausreichend gedeckt werden kann.

Insgesamt kann auch für die Zukunft von einer gesicherten Wasserversorgung ausgegangen werden. Allerdings könnten eine weitere Abnahme der Sommerniederschläge und eine erhöhte Verdunstung als Folge steigender Temperaturen die schon aktuell ungünstigen klimatischen Wasserbilanzen in einigen Regionen Deutschlands weiter verschlechtern.

Neben den klimatischen Einflussfaktoren ist das Ausmaß der Wassernutzung eine wichtige steuernde Größe für die Wasserverfügbarkeit. Als nachhaltig gilt eine Wasserentnahme dann, wenn sie die Marke von 20 % des verfügbaren Wasserdargebots nicht überschreitet. Die 20 %-Schwelle ist dabei ein international gültiger Orientierungswert. Übersteigt die Wassernutzung diese Marke, gilt dies als Zeichen von Wasserstress. Ab 40 % wird von starkem Wasserstress ausgegangen. Zur Überschreitung der Marke kann es sowohl in Folge einer verstärkten Wasserentnahme als auch einer Verknappung des natürlichen Wasserdargebots kommen.

### WW-R-1: Wassernutzungsindex

Die Wassernutzung ist den vergangenen zwanzig Jahren deutlich zurückgegangen. Im Jahr 2004 unterschritt sie erstmalig den als kritisch bewerteten Wassernutzungsindex von 20 %, was bedeutet, dass nicht mehr als 20 % des potenziellen Wasserdargebots in Anspruch genommen werden. Der Umfang der direkten Wassernutzung in Deutschland kann unter diesen Rahmenbedingungen derzeit als nachhaltig bewertet werden.



Datenquelle: UBA (basierend auf Daten des StBA zur Wassernutzung und der Bundesanstalt für Gewässerkunde zum Wasserdargebot)

Durch einen Rückgang der Wassernutzung in Deutschland wird seit dem Jahr 2004 weniger als 20 % des Wasserdargebots genutzt und damit die 20 %-Schwelle unterschritten, womit das Maß der Wassernutzung in Deutschland nach den international gültigen Orientierungswerten als nachhaltig angesehen werden kann. Zu diesem Rückgang haben sowohl eine rückläufige gewerbliche als auch private Wassernutzung beigetragen. So benötigte im Jahr 2010 jede Bürgerin bzw. jeder Bürger täglich 121 Liter und damit 23 Liter weniger als noch 1991. Noch deutlicher war im gleichen Zeitraum der Rückgang um 33 % bei der Wassernutzung durch Energieerzeuger, Industrie- und Bergbauunternehmen, die mit mehr als 80 % den deutlich überwiegenden Teil der Wassernutzung ausmachen.

Da die Kühlwasserentnahmen durch Wärmekraftwerke den größten Teil gewerblicher Wassernutzungen ausmachen, hatten Effizienzverbesserungen durch Mehrfach- bzw. Kreislaufnutzungen in diesem Bereich zumindest bis zum Jahr 2007 besonders positive Auswirkungen auf die Bilanz. Bis zum Jahr 2010 sank die Wassereffizienz der Wärmekraftwerke dagegen wieder. In den anderen Branchen entwickelt sich der Wasserverbrauch sehr unterschiedlich. So nutzten die Unternehmen in der Chemieindustrie Wasser im Jahr 2010 effizienter als im Jahr 1995, nicht so jedoch die Hersteller von Glas, Keramik oder Papiererzeugnissen.

Vor allem bedingt durch den Wiederanstieg der Wasserentnahme durch die Energieversorgungsunternehmen zwischen 2007 und 2010 ist auch der Wassernutzungsindex in diesem Zeitintervall wieder angestiegen. Möglicherweise kam es durch die Minderung der Stromerzeugung thermischer Kraftwerke nach 2010 inzwischen schon wieder zu einer Absenkung des Wassernutzungsindex. Aktuelle Daten hierzu liegen aber derzeit noch nicht vor. Nach 1991 nahmen die Werte für den Wassernutzungsindex signifikant ab.

Eine weitere Reduzierung der Wassernutzung wird von vielen öffentlichen Wasserversorgern heute nicht mehr offensiv propagiert, denn nur bei einem ausreichenden Durchfluss in den Leitungen können Keimbildungen und Ablagerungen verhindert werden. Die Alternative sind teure Leitungsspülungen mit Frischwasser, um die Hygienestandards zu halten. Relevanter als die direkte Wasserentnahme durch Unternehmen oder Verbraucher erscheint vor diesem Hintergrund der indirekte oder auch als virtuell bezeichnete Verbrauch, der für die Erzeugung eines Produkts oder die Bereitstellung einer Dienstleistung erforderlich ist. In Anbetracht der globalen Klimaveränderungen und der Tatsache, dass viele Regionen



Der Umfang der direkten Wassernutzung in Deutschland kann unter den derzeitigen Rahmenbedingungen als nachhaltig betrachtet werden. (Foto: bagal / pixelio.de)

der Welt bereit heute unter erheblichem Wassermangel leiden und mehr als die Hälfte des Wassers für die von uns benötigten Produkte und Güter nicht aus Deutschland selbst stammen, lohnt sich der kritische Blick auf die Herkunft von Produkten, zu deren Herstellung große Mengen von Wasser erforderlich sind. Hierzu gehören unter anderem Baumwolle, Fleisch, Reis und Kaffee.

## Schnittstellen

WW-I-1: Mengenmäßiger Grundwasserzustand  
 WW-I-4: Niedrigwasser  
 EW-R-4: Wassereffizienz thermischer Kraftwerke  
 LW-R-6: Landwirtschaftliche Beregnung  
 IG-R-1: Wasserintensität des verarbeitenden Gewerbes

## Ziele

Im Zusammenhang mit einem Nachfragemanagement sind technische Methoden und Verbesserungen zum effizienteren Einsatz von Wasser möglich und sollten nach dem Prinzip der Verhältnismäßigkeit erwogen werden. (DAS, Kap. 3.2.3)

## Zurück zur natürlichen Struktur der Gewässer

Mit den Landnutzungsveränderungen der vergangenen Jahrhunderte sind starke Veränderungen im Landschaftswasserhaushalt einhergegangen. Die Abholzung von Auenwäldern, die Begradigung von Flüssen und die Bebauung von Überschwemmungsgebieten haben dazu geführt, dass die Landschaft weniger Wasser zurückhalten kann und Niederschlagswasser schneller abfließt. Extremereignisse werden dadurch verstärkt, in Perioden starker Niederschläge steigt die Gefahr von Hochwasser, in Trockenperioden nimmt die Dürregefahr zu. Der Klimawandel verschärft durch die jahreszeitlichen Niederschlagsverschiebungen, intensivere Starkregenereignisse und ausgeprägtere Trockenheitsperioden die Folgen dieser Entwicklung.

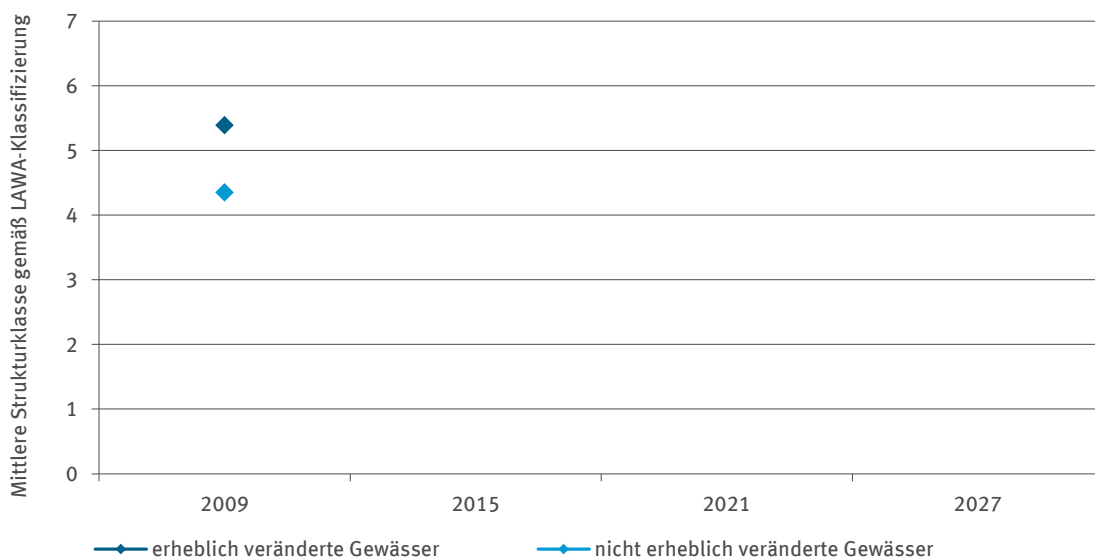
Natürliche und naturnahe Gewässer- und Landschaftsstrukturen haben eine ausgleichende Wirkung auf den Landschaftswasserhaushalt und wirken einer Verschärfung von Extremereignissen entgegen. Gewässer und Gewässerrandbereiche mit natürlichen oder naturnahen

Strukturen fördern den Wasserrückhalt in den Einzugsgebieten. Mäandrierende Flüsse und Bäche weisen im Vergleich zu begradigten Gewässern eine längere Fließstrecke und ein geringeres Gefälle auf. Dadurch bremsen sie die Fließgeschwindigkeit des Wassers und können Hochwasserscheitel, d. h. die Abflussmaxima von Hochwässern, mindern. Eine durchlässige Gewässersohle aus Sanden und Kiesen erlaubt natürlicherweise einen Austausch zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser und kann dadurch bis zu einem gewissen Maße Hochwasserspitzen oder Wassermangel in Trockenzeiten abpuffern. Auch an den Gewässerlauf angebundene Altarme können Ausgleichsfunktionen übernehmen, indem sie einen Teil des Hochwasserabflusses aufnehmen.

Die Wiederherstellung natürlicher oder naturnaher Gewässerstrukturen durch Renaturierungsmaßnahmen stabilisiert somit den Wasserhaushalt der Landschaft und erhöht deren Widerstandskraft gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels. Wichtig für die Konzeption

### WW-R-2: Gewässerstruktur

Die Gewässerstruktur wird als ein unterstützender Parameter zur Bewertung der Fließgewässer nach der europäischen Wasserrahmenrichtlinie herangezogen. Mittelt man die Strukturklassenwerte aller bei der Bewertung im Jahr 2009 berücksichtigten Fließgewässerstrecken, so kommt man zu aggregierten Werten, die für eine deutlich veränderte bzw. stark veränderte Gewässerstruktur stehen. Dies signalisiert großen Handlungsbedarf.



Datenquelle: Länderinitiative Kernindikatoren (Indikator B9 – Gewässerstruktur)



von Renaturierungsmaßnahmen an Gewässern ist dabei, die Wirksamkeit der Maßnahmen gegenüber beiden Extremen, dem Niedrigwasser und dem Hochwasser, zu prüfen.

Viele Pflanzen und Tiere sind an die spezifischen Lebensraumbedingungen natürlicher Gewässer und eine naturnahe Flusssdynamik und damit an extreme Bedingungen angepasst. Mit Blick auf die sich infolge des Klimawandels ändernden Bedingungen in Gewässerlebensräumen, insbesondere die möglicherweise steigenden Wassertemperaturen, sind viele aquatische Organismen darauf angewiesen, innerhalb des Fließgewässerlaufs wandern zu können, um gezielt Bereiche mit für sie günstigen Bedingungen aufzusuchen. Wird im Zuge von Gewässerrenaturierungen die ökologische Durchgängigkeit der Fließgewässer wiederhergestellt, so unterstützen diese Maßnahmen auch unter diesem Gesichtspunkt die Anpassung an den Klimawandel.

Die Ziele der Anpassung für die Entwicklung der Gewässerstruktur decken sich in wesentlichen Aspekten mit dem Ziel der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zur „Erreichung des guten ökologischen Zustands“ der Gewässer. Schutz- und Renaturierungsmaßnahmen an Gewässern, die primär umgesetzt werden, um die ökologischen und auch ökonomischen Ziele der Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen, unterstützen damit in aller Regel auch die Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Bezüglich der Zielsetzung unterscheidet man zwischen Fließgewässern, die erheblich verändert sind, und solchen, die nicht erheblich verändert sind.

Aufgrund der bereits vollzogenen Eingriffe und der aktuellen Nutzung ist für die als erheblich verändert eingestuften Wasserkörper die Erreichung des guten ökologischen Zustands nicht möglich, zumindest nicht direkt. Stattdessen ist ein gutes ökologisches Potenzial zu erreichen. Als ein unterstützender Parameter unter anderen wird für die Bewertung des ökologischen Zustands oder Potenzials auch die Gewässerstruktur herangezogen.

Eine Bewertung der Strukturgüte der Fließgewässer mit Stand 2009, die – mit Ausnahme Bayerns – alle Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet von mindestens 10 Quadratkilometern einbezog, macht deutlich, dass bezüglich der Verbesserung der Gewässerstrukturen noch erheblicher Handlungsbedarf besteht. So sind bei den erheblich veränderten Gewässern mit einem Mittelwert aller erfassten Fließgewässerstrecken von 5,4 auf einer Skala von 1 (unverändert) bis 7 (vollständig verändert) deutliche Defizite zu erkennen. Die nicht erheblich veränderten Gewässer schneiden mit einem Mittelwert von 4,4



Mit Renaturierungsmaßnahmen werden Gewässer wieder in einen naturnäheren Zustand versetzt.  
(Foto: Petra Dirscherl / pixelio.de)

zwar besser ab, aber auch hier sind weitere Maßnahmen dringend erforderlich.

## Schnittstellen

WW-I-3 Hochwasser  
 WW-I-4 Niedrigwasser  
 BD-I-3: Rückgewinnung von Überflutungsflächen  
 RO-R-1: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft  
 RO-R-2: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Grundwasserschutz und Trinkwassergewinnung  
 RO-R-3: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für (vorbeugenden) Hochwasserschutz

## Ziele

Erreichung eines guten Zustandes der Oberflächengewässer (Richtlinie 2000/60/EG – Wasserrahmenrichtlinie, Art. 4 (1))

Bevorzugung von Maßnahmen in der WRRL, die die natürliche Anpassungsfähigkeit der Gewässer wie auch die Lebensraum- oder Habitatvielfalt unserer Gewässer erhalten oder stärken (DAS, Kap. 3.2.3).

## Küstenschutz erfordert umfangreiche Investitionen

Mit dem Anstieg des Meeresspiegels und der erwarteten Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Sturmfluten sind die Küstenregionen einem erhöhten Risiko durch Überschwemmungen ausgesetzt. In Deutschland gelten Gebiete als gefährdet, die mehr als 5 Meter unter dem Meeresspiegel an der Nordseeküste und mehr als 3 Meter unter dem Meeresspiegel an der Ostseeküste liegen. Das betrifft eine Fläche von rund 13.900 Quadratkilometern mit 3,2 Mio. Bewohnerinnen und Bewohnern sowie mit volkswirtschaftlichen Werten in Höhe von 900 Mrd. Euro.<sup>8</sup> Durch Sturmfluten bedroht sind vor allem küstennahe Städte wie Hamburg, Bremen, Kiel, Lübeck, Rostock und Greifswald.

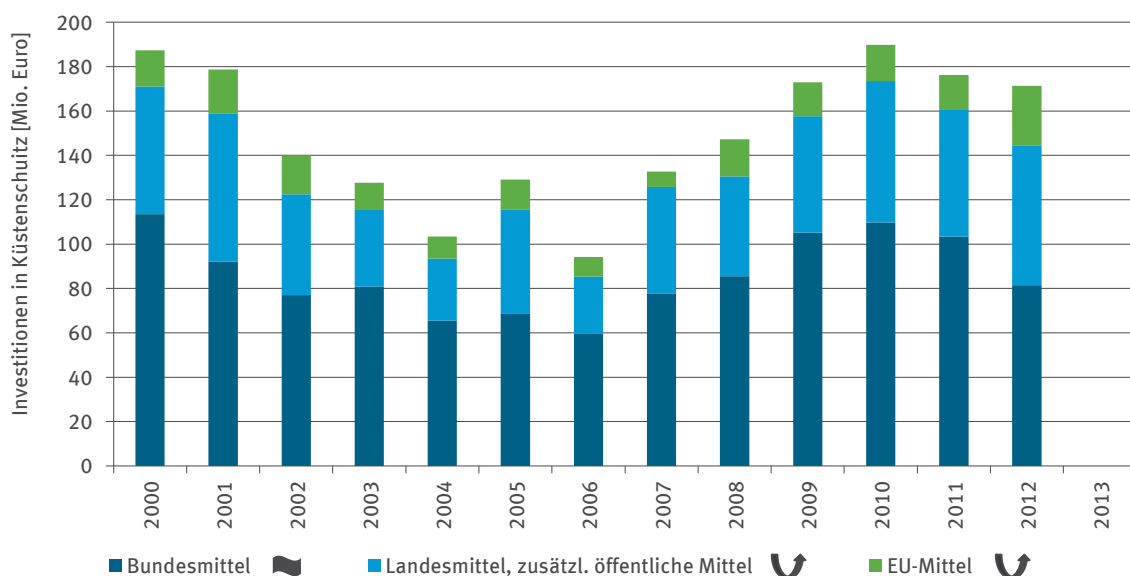
Um Infrastrukturen, Gebäude und Menschenleben in den gefährdeten Küstenregionen vor zukünftig stärkeren Hochwasserereignissen zu schützen, müssen die existierenden Anlagen des technischen Hochwasserschutzes an die veränderten Klimabedingungen angepasst werden. Zu den verstärkten Küstenschutzmaßnahmen gehören

u. a. der Neubau oder die Erhöhung und Ertüchtigung von Deichen, der Ausbau von Uferschutzanlagen, Sandvorspülungen oder der Bau bzw. die Verstärkung von Sturmflutsperrwerken. Jede dieser Maßnahmen bedeutet allerdings auch einen genehmigungspflichtigen Eingriff, durch den natürliche Lebensräume wie Wattflächen, Seegraswiesen, Salzwiesen oder Dünen beeinträchtigt werden oder unwiderruflich verlorengehen. Als weitere Maßnahme wird diskutiert, örtlich Überflutungsräume, die durch Eindeichung in der Vergangenheit verloren gegangen sind, durch die Rückverlegung oder Schlitzung von Deichen zurückzugewinnen. Die verschiedenen Küstenschutzmaßnahmen werden durch die Ausweisung raumplanerischer Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für den Küsten- bzw. Küstenhochwasserschutz flankiert.

Im Jahr 2011 haben Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern das Bemessungsverfahren für die Küstenschutzmaßnahmen an der Ostseeküste novelliert. Zur Berücksichtigung des mit dem Klimawandel projizierten

### WW-R-3: Investitionen in den Küstenschutz

Die durch den Bund zur Verfügung gestellten finanziellen Mittel für den Küstenschutz gingen zwischen 2000 und 2006 zurück. Zwischen 2006 und 2009 war wieder ein Anstieg zu verzeichnen. Seit diesem Zeitpunkt sind die Investitionssummen des Bundes auf hohem Niveau relativ konstant.



Datenquelle: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (GAK-Berichterstattung)

Meeresspiegelanstiegs und zur Umsetzung der europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie wurde ein neuer Grundsatz für die Bemessung der Küstenschutzanlagen eingeführt. Dieser entspricht nun prinzipiell dem Vorgehen der Nordseeküstenbundesländer. Der Klimaschutzzuschlag für den Meeresspiegelanstieg wird demnach auf 50 cm für die nächsten hundert Jahre veranschlagt. Das neue Bemessungsverfahren hat erheblichen Einfluss auf die mittelfristige Maßnahmenplanung. Für Deiche sowie Stahl- und Stahlbetonwasserbauten bedeutet dies teilweise eine Erhöhung, für Küstenschutzdünen einschließlich ihrer Strand- und Vorstrandbereiche möglicherweise in Zukunft häufiger durchgeführte und im Volumen umfangreichere Sandaufspülungen. Außerdem wurde z. B. in Schleswig-Holstein die Konstruktion der Deiche so verändert, dass diese später relativ einfach und kostengünstig weiter erhöht werden können.

In Deutschland werden Maßnahmen des technischen Küstenschutzes zum deutlich überwiegenden Teil aus der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) finanziert. Die Finanzierungsanteile der EU liegen dabei zwischen 5 und 13 %. Bund und Länder, die für den überwiegenden Teil der Förderung aufkommen, teilen sich die Investitionskosten im Verhältnis 70:30. Mit dem Ziel, die laufende Verstärkung der Küstenschutzanlagen zu beschleunigen oder im Einzelfall auch zu ergänzen, stellt der Bund den Küstenschutzländern über einen GAK-Sonderrahmenplan in den Jahren 2009 bis 2025 für Küstenschutzmaßnahmen infolge des Klimawandels zusätzlich 25 Mio. Euro pro Jahr zur Verfügung. Voraussetzung ist, dass diese im jeweiligen Jahr zuvor 102,9 Mio. Euro für Küstenschutzmaßnahmen im Rahmen der regulären GAK verwendet haben.

Zu den mit GAK-Mitteln förderfähigen Küstenschutzmaßnahmen zählen der Neubau, die Verstärkung und die Erhöhung von Küstenschutzanlagen wie z. B. von Deichen, Sperrwerken, Buhnen, Wellenbrechern und Uferschutzwerken. Ebenso werden Vorlandarbeiten vor Deichen ohne Deichvorland bis zu einer Tiefe von 400 Metern und Sandvorspülungen gefördert. Außerdem sind der notwendige Grunderwerb und die infolge von Küstenschutzmaßnahmen notwendigen Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege förderfähig.

Die Investitionen in den Küstenschutz haben zwischen 2000 und 2006 um etwa die Hälfte abgenommen. Seit 2007 steigen die Ausgaben wieder an und erreichten im Jahr 2012 die Summe von 200 Mio. Euro. Die Investitionen des Bundes lagen zwischen 2009 und 2012 relativ konstant bei knapp über 100 Mio. Euro. Zu den neueren großen Küstenschutzprojekten gehört in Schleswig-Holstein die



Bau einer Küstenschutzanlage (Foto: Ecologic Institut)

Verstärkung des Landesschutzdeichs Brunsbüttel. Die Arbeiten wurden im Jahr 2013 abgeschlossen. Die Maßnahme umfasste die Erhöhung des Deichs von 6,50 Metern auf bis zu 8 Meter, die Errichtung einer Hochwasserschutzwand und die Erneuerung eines Schöpfwerks. Die Maßnahmen in Brunsbüttel haben ein Investitionsvolumen von 23 Mio. Euro gebunden und stellen nun den Schutz für etwa 25.000 Einwohnerinnen und Einwohner, eine Fläche von 13.600 Hektar sowie Sachwerte in Höhe von 2,8 Mrd. Euro sicher. Vergleichbare Finanzmittel flossen u. a. in die Verstärkung und Erhöhung des Landesschutzdeichs bei Dahme in Ostholstein und in die im April 2014 aufgenommenen Arbeiten zur Erhöhung und Verstärkung der Deichlinie auf der niedersächsischen Insel Wangerooge. Dabei werden einzelne Deichabschnitte im Verlauf der Arbeiten bis 2017 um bis zu 1 Meter erhöht.

## Schnittstellen

WW-I-9: Meeresspiegel  
 WW-I-10: Intensität von Sturmfluten  
 RO-R-3: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für (vorbeugenden) Hochwasserschutz

## Ziele

Zusätzliche Anstrengungen beim Schutz der Küstengebiete; Entwicklung neuer Formen von – insbesondere auch passiven – Sicherungsmaßnahmen für die Inseln und Küsten (DAS, Kap. 3.2.14)

Strategisches Management der Küstengebiete (IKZM, S. 6f.)



© Heike / pixelio.de

# Boden

Böden erfüllen vielfältige Aufgaben für den Naturhaushalt, die der Mensch direkt oder indirekt in Anspruch nimmt. Bodeneigenschaften wie der Humusgehalt und die Bodenstruktur sind neben dem Klima entscheidend für die Fruchtbarkeit eines Bodens. Fruchtbare Böden sind Produktionsgrundlage für die Landwirtschaft und Standort für die Erzeugung gesunder Lebensmittel. „Ärmere“ Böden sind häufig Standort von besonderen Lebensräumen, die Heimat für seltene Pflanzen und Tiere bieten. Auch im Wasserhaushalt der Landschaft spielen Böden eine wichtige Rolle. Sie speichern und filtern Wasser in beträchtlichem Umfang. Damit bilden sie einen natürlichen Puffer gegen Hochwassergefahren und versorgen uns mit sauberem Grundwasser. Die Bodenfunktionen sind seit 1999 durch das Bundes-Bodenschutzgesetz gesetzlich geschützt.

Das Klima beeinflusst viele Bodenprozesse und damit auch die Bodenbildung, die Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen. Bodenprozesse wie die Verwitterung, Mineralneubildung, Zersetzung, Humus- und Gefügebildung vollziehen sich in großen Zeiträumen und sind stark von der Temperatur und der Wasserverfügbarkeit abhängig. So vielfältig die Böden sind, so vielfältig sind die Auswirkungen des Klimawandels. Den flächenmäßig größten direkten Eingriff in die natürlichen Bodenstrukturen stellt die landwirtschaftliche Nutzung dar, denn mehr als die Hälfte der Fläche Deutschlands wird landwirtschaftlich genutzt. Sie ist so nachhaltig und ressourcenschonend wie möglich zu gestalten, um die naturgegebene Widerstandskraft der Böden gegenüber den nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels wie sommerliche Austrocknung, winterliche Staunässe sowie Bodenabtrag durch Wasser und Wind zu erhalten bzw. zu fördern.

Damit Böden ihre wichtigen Funktionen im Naturhaushalt erfüllen können, müssen sie vor Überbauung und Versiegelung geschützt werden (s. auch Indikator RO-R-5).

## Auswirkungen des Klimawandels

Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden (BO-I-1) .....	78
Regenerosivität (BO-I-2) .....	80

## Anpassungen

Humusgehalte von Ackerböden (BO-R-1) .....	82
Dauergrünlandfläche (BO-R-2) .....	84
Fläche organischer Böden (BO-R-3) .....	86

## Bodenwasserversorgung – es kann zu Engpässen kommen

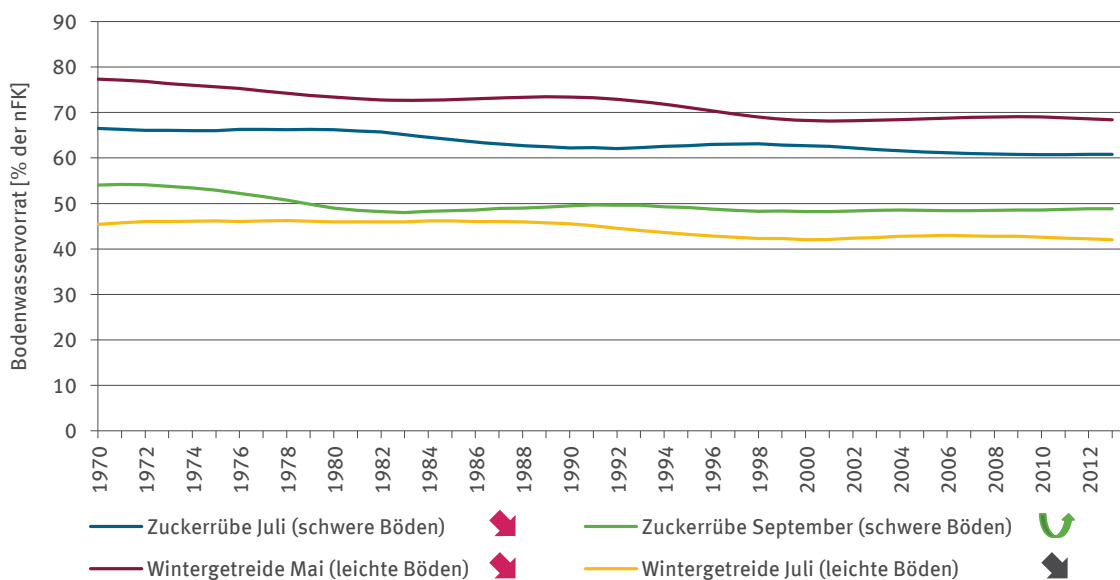
Niederschlag und Temperatur sind bedeutende Einflussfaktoren der Bodenbildung und beeinflussen unmittelbar den Wasser- und Stoffhaushalt des Bodens. Verändern sich mit dem Klimawandel die Niederschlags- und Temperaturverhältnisse, so wird dies Folgen für die Böden haben, und zwar unabhängig davon, ob es sich um land- oder forstwirtschaftlich genutzte Böden, um Böden in Städten oder um solche mit naturnaher Vegetation handelt. Die projizierten jahreszeitlichen Verschiebungen der Niederschlagsmengen vom Sommer in den Winter können in Abhängigkeit der Bodeneigenschaften dazu führen, dass die Sickerwassermengen im Sommer ab- und im Winter zunehmen. Dies hat zum einen Folgen für die Grundwasserneubildung. Zum anderen entscheidet die Höhe der Sickerwassermenge über die Verlagerung von Stoffen wie beispielsweise Nitrat im Boden. Hohe Niederschläge im Winter, die vor allem bei landwirtschaftlicher Nutzung auf nur gering mit Vegetation bedeckte Böden treffen, können zu vermehrten Stoffausträgen führen. Trocknen die Böden in den Sommermonaten stärker aus

und verhärtet sich vor allem bei tonhaltigen Böden im Zuge dessen die Bodenoberfläche, kann Niederschlagswasser nur noch schwer einsickern. Vermehrter Oberflächenabfluss erhöht dann das Erosionsrisiko.

Für das Pflanzenwachstum ist die Wasserverfügbarkeit im Boden eine hoch relevante Einflussgröße. Wenn in den Frühjahrs- und Sommermonaten Perioden mit hohen Temperaturen und geringen Niederschlägen mit einem erhöhten Wasserbedarf der Vegetation zusammenfallen, kann das pflanzenverfügbare Bodenwasser vor allem in Böden mit hohen Sandanteilen rasch ausgeschöpft sein, und es kann zu Trockenstress kommen. Für einjährige Pflanzen, die wie viele landwirtschaftliche Kulturpflanzen (vor allem Getreidearten) überwiegend in den Monaten April bis Juni ihre Blüten anlegen und dann besonders starkes Wachstum zeigen, sind Einschränkungen der Wasserversorgung landwirtschaftlicher Böden in dieser Phase besonders kritisch. Aber auch die natürliche Vegetation z. B. in Feuchtgebieten kann durch unzureichende

### BO-I-1: Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden

Ein ausreichender Bodenwasservorrat ist eine entscheidende Einflussgröße für die Pflanzenentwicklung. Bei landwirtschaftlichen Kulturen können sowohl Unter- als auch Übersättigung in kritischen Entwicklungsphasen die Erträge negativ beeinflussen. Sowohl auf leichten als auch auf schweren Böden haben in den letzten rund 40 Jahren die Bodenwasservorräte während der Vegetationsperiode mit signifikantem Trend abgenommen.



Datenquelle: DWD (Deutscher Klimaatlas - Landwirtschaft)

Bodenwasserverfügbarkeit geschädigt werden. Besonders gefährdet sind sandige Böden, die nur in begrenztem Umfang Wasser aus den Winter- und Frühjahrsniederschlägen aufnehmen und speichern können. Später in der Vegetationsperiode erschöpfen sich dann oftmals die Wasservorräte. Trockene Böden führen auch im städtischen Bereich zu Funktionseinschränkungen. Der sommerliche Wärmeineffekt in Städten kann verstärkt werden, wenn ausgetrocknete Böden keine kühlende Wirkung mehr entfalten können.

Der Deutsche Wetterdienst berechnet auf der Basis von bundesweiten meteorologischen Daten die Bodenwasserhalte und ermittelt daraus in Abhängigkeit des Wasserbedarfs ausgewählter landwirtschaftlicher Kulturen die Wassersättigung als Prozentanteil der nutzbaren Feldkapazität (nFK). Letztere kennzeichnet den Wasservorrat eines Bodens, der von den Pflanzen genutzt werden kann. In Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften ist die nFK unterschiedlich hoch. Sinkt die Wassersättigung aufgrund geringer Niederschläge unter einen Wert von 50 % nFK, muss bei den Pflanzen grundsätzlich mit Wasserstress gerechnet werden. Werte über 100 % nFK bedeuten, dass die Böden mit Wasser übersättigt sind. Bundesweite Mittelwertbetrachtungen sind zwar mit Vorsicht zu interpretieren, denn Bodeneigenschaften und Niederschlagsverhältnisse sind regional und lokal sehr unterschiedlich. Dennoch erlauben sie Rückschlüsse auf längerfristige Entwicklungstrends.

Betrachtet man beispielsweise für leichte Böden mit hohem Sandanteilen, die mit Wintergetreide kultiviert werden, den Bodenwasservorrat in den Monaten Mai und Juli, so wird deutlich, dass es während der letzten rund 40 Jahre im bundesdeutschen Mittel einen rückläufigen Trend gab. Für das Wintergetreide liegt der Mai mitten in der Aufwuchsphase, in der der Wasserbedarf besonders hoch und damit eine ausreichende Wasserversorgung für die Pflanzenentwicklung entscheidend ist. Im Juli dagegen ist eine schlechtere Wasserversorgung weniger gravierend, denn dann vollzieht sich der Abreifungsprozess des Getreides. Zu hohe Wassergehalte können in dieser Phase die Erträge sogar nachteilig beeinflussen.

Trends zu niedrigeren Bodenwasservorräten zeigen teilweise auch die Beobachtungen auf den schweren, d. h. ton- und lehmhaltigen Böden. Analysiert man für diese Böden beispielhaft die Bedingungen für die Zuckerrübe (stellvertretend für die Hackfrüchte), so ergeben sich auch hier für den Juli als mittleren Zeitpunkt der ertragsbestimmenden Aufwuchsphase rückläufige Werte. Für den September sind die Werte in den letzten Jahren wieder angestiegen. Letzteres ist grundsätzlich als günstig zu



Trockene Böden beeinträchtigen das Wachstum von Kultur- und Wildpflanzen. (Foto: Verena N. / pixelio.de)

beurteilen, denn die Zuckerrübe kann bei ausreichender Wasserversorgung auch noch kurz vor der Ernte Biomasse zulegen.

Auch wenn die Bodenwasserversorgung primär durch die Niederschlagsverhältnisse bestimmt ist, haben die Landwirte grundsätzlich die Möglichkeit, auf niedrigere Wassergehalte der Böden während kritischer Phasen der Pflanzenentwicklung zu reagieren. Hierzu gehören der Anbau weniger wasserbedürftiger Kulturen und eine angepasste Bodenbearbeitung, wie beispielsweise die pfluglose Bewirtschaftung, oder die Beregnung.

## Schnittstellen

BO-I-2: Regenerosivität  
 LW-I-2: Ertragsschwankungen  
 LW-R-6: Landwirtschaftliche Beregnung

## Ziele

Schutz der Bodenfunktionen (DAS, Kap. 3.2.4)

## Bodenabtrag – empfindliche Verluste

Böden sind das Resultat jahrtausendelanger Entwicklungsprozesse. Es dauert mindestens hundert Jahre, bis bei entsprechendem Pflanzenaufwuchs aus der Verwitterung von Gestein eine ein Zentimeter mächtige, humose Bodenschicht entsteht. Der Verlust von Boden durch Überbauung oder Bodenabtrag ist daher ein schwerwiegender Schaden, der nur in Grenzen wieder rückgängig zu machen ist.

Die Bodenerosion durch Wasser gehört zu den intensiv diskutierten Folgen des Klimawandels auf die Böden. Als Ursachen gelten u. a. häufigere und ausgeprägtere erosionswirksame Starkregenereignisse sowie eine Zunahme der Sommertrockenheit und der Winterniederschläge. Wenn Letztere nicht als Schnee fallen und bei landwirtschaftlich genutzten Böden i. d. R. auf eine höchstens lückenhafte Vegetationsdecke treffen, können sie zu erheblichen Bodenabträgen führen. Mit dem Klimawandel und der damit verbundenen Temperaturerhöhung werden sich außerdem die Entwicklungsphasen der

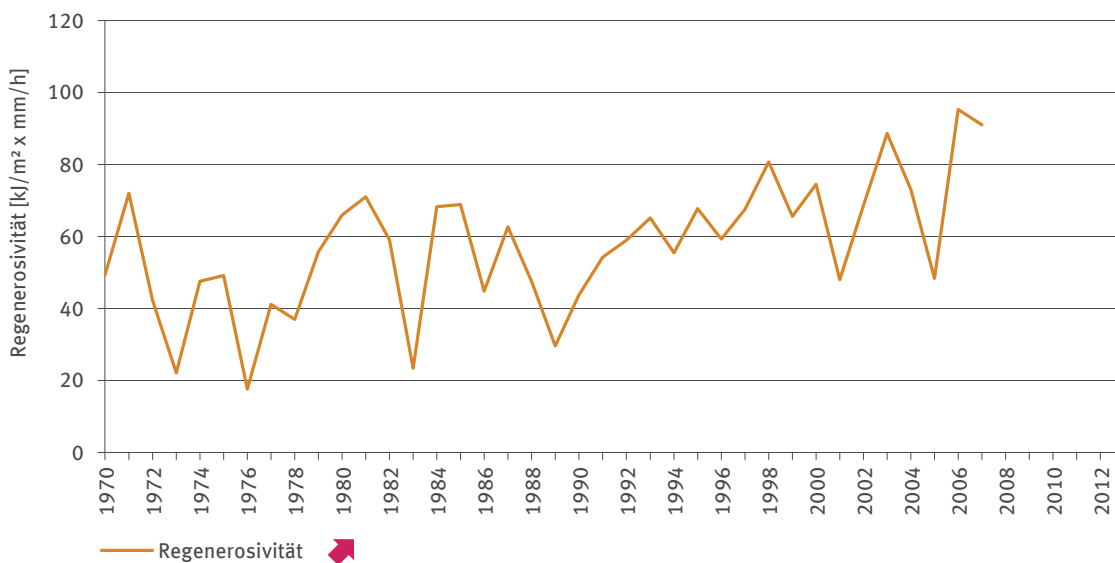
Pflanzen, auch der landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, verschieben. Die daraus resultierenden Veränderungen der Bodenbedeckung werden voraussichtlich das Erosionsrisiko erhöhen. In jedem Falle werden trockenheitsbedingte Lücken in der Vegetation und ausgetrocknete Bodenoberflächen erosionsfördernde Effekte haben.

Vor allem in den nördlichen küstennahen Bundesländern spielt auf den vorwiegend sandigen Böden auch Wind als Erosionsursache eine Rolle. Mit zunehmender Frühjahrs- und Sommertrockenheit wird das Risiko von Winderosion steigen.

Bodenerosion bedeutet in erster Linie eine Verringerung der Bodenmächtigkeit und einen Verlust des besonders nährstoff- und humusreichen Oberbodens. Abgetragenes Bodenmaterial wird in der Fläche verlagert und kann in benachbarte Gewässer eingetragen werden. Dort führen die diffusen Stoffeinträge, vor allem von Phosphor, zu einer nicht erwünschten Gewässereutrophierung. Diese

### BO-I-2: Regenerosivität – Fallstudie

Hohe Niederschlagsintensitäten erhöhen das Bodenabtragsrisiko. In Nordrhein-Westfalen ist die sommerliche Regenerosivität seit den 1970er Jahren signifikant angestiegen. Für Standorte mit empfindlichen Böden und großer Hangneigung bedeutet dies, dass vor allem bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung gezielte Maßnahmen zum Erosionsschutz ergriffen werden müssen.



Datenquelle: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (Klimafolgenmonitoring Nordrhein-Westfalen)



Prozesse können Bemühungen zur Verbesserung des Gewässerzustands zuwiderlaufen. Bodenerosion ist meist ein wenig sichtbarer und schleichender Prozess, aber er vollzieht sich dennoch schneller, als Boden neu gebildet wird, und führt zu einer Beeinträchtigung wichtiger Bodenfunktionen.

Ein flächendeckendes Erosions-Monitoring gibt es in Deutschland bislang nicht. In einzelnen Bundesländern gibt es zwar ereignisbezogene Erhebungen, diese lokalen Erosionsmessungen lassen sich aber nicht oder nur unter erheblichen Einschränkungen ihrer Aussagekraft auf größere Flächen übertragen. Trotz des Fehlens repräsentativer Monitoringdaten können auf Bundesebene Gefährdungspotenziale abgeleitet werden. Die wesentlichen Einflussfaktoren für die Höhe des Bodenabtrags durch Wasser sind Niederschlag, Geländeneigung, Bodeneigenschaften sowie Bodennutzung. Letztere beinhaltet die Art der Bodenbearbeitung, die in Verbindung mit der Bestellung maßgeblich von der Flurgestaltung beeinflusst wird. Als landwirtschaftliche Kulturarten mit besonders hohem Bodenabtragspotenzial gelten u. a. Kartoffel, Mais, Zuckerrübe und Winterweizen.

Unter allen beschriebenen Wechselwirkungen zwischen Klimawandel und Bodenerosion durch Wasser ist die Veränderung der Niederschlagsintensität diejenige Größe, die am unmittelbarsten das Erosionsrisiko beeinflussen wird. Bei allen anderen Einflussfaktoren wie beispielsweise der Bodenbedeckung gibt es deutlich größere Unsicherheiten bei der Abschätzung der Klimawandelfolgen. Für Nordrhein-Westfalen wurde anhand zeitlich hoch aufgelöster Niederschlagsdaten die Entwicklung der niederschlagsbedingten Erosivität ermittelt. Die Zeitreihe zeigt seit Mitte der 1970er Jahre einen signifikanten Trend hin zu einer höheren Regenerosivität. Damit steigt das Risiko eines zunehmenden Bodenabtrags.

Bundesweite Modellierungen zu den künftigen Auswirkungen des Klimawandels auf die standortabhängige Erosionsgefährdung zeigen, dass bis zum Jahr 2040 vor allem der Westen der Mittelgebirgsschwelle aufgrund höherer Niederschlagsintensitäten einer stärkeren Gefährdung unterliegen wird. Bis zum Jahr 2100 werden sich die Schwerpunktgebiete der Gefährdung vermutlich dann auch über Hessen hinaus auf die gesamte westliche Mittelgebirgsschwelle und bis zum Thüringer Becken und in die Sächsischen Lössgebiete hinein erstrecken.<sup>9</sup>

Die möglichen Maßnahmen zur Verhinderung von Erosion sind vor allem für Ackerflächen vielfältig. Sie reichen von einer standortangepassten Fruchtfolge, die für eine kontinuierliche Bodenbedeckung über das Jahr hinweg



Zunehmende Niederschlagsintensitäten erhöhen das Risiko des Bodenabtrags. (Foto: Stephan Marahrens / Umweltbundesamt)

sorgt, über die Anpassung der Bewirtschaftungsrichtung bis hin zu einer dauerhaft pfluglosen, konservierenden Bodenbearbeitung, um das natürliche Bodengefüge zu erhalten und eine möglichst hohe Bedeckung mit schützenden Pflanzenresten zu erzielen.

## Schnittstellen

BO-I-1: Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden  
BO-R-2: Dauergrünlandfläche

## Ziele

Schutz der ökologischen Leistungsfähigkeit der Böden durch Verringerung bzw. Vermeidung der Bodenerosion und der Bodenverdichtung sowie durch den Erhalt der organischen Substanz (DAS, Kap. 3.2.4)

Möglichst Vermeidung von Bodenabträgen durch eine standortangepasste Nutzung, insbesondere durch Berücksichtigung der Hangneigung, der Wasser- und Windverhältnisse sowie der Bodenbedeckung (Bundes-Bodenschutzgesetz § 17 (2))

Kontinuierliche Rückführung der Bodenerosion bis 2020 (NBS, Kap. B 2.5)

## Humus stärkt Widerstandskraft der Böden

Böden sind in vielfältiger Weise von den Folgen des Klimawandels betroffen. Nur gesunde, belebte und widerstandsfähige Böden können den mit dem Klimawandel einhergehenden Gefahren von Austrocknung und Erosion durch Wind und Wasser standhalten und auch weiterhin ihre vielfältigen positiven Funktionen für den Wasser- und Stoffhaushalt einer Landschaft wahrnehmen.

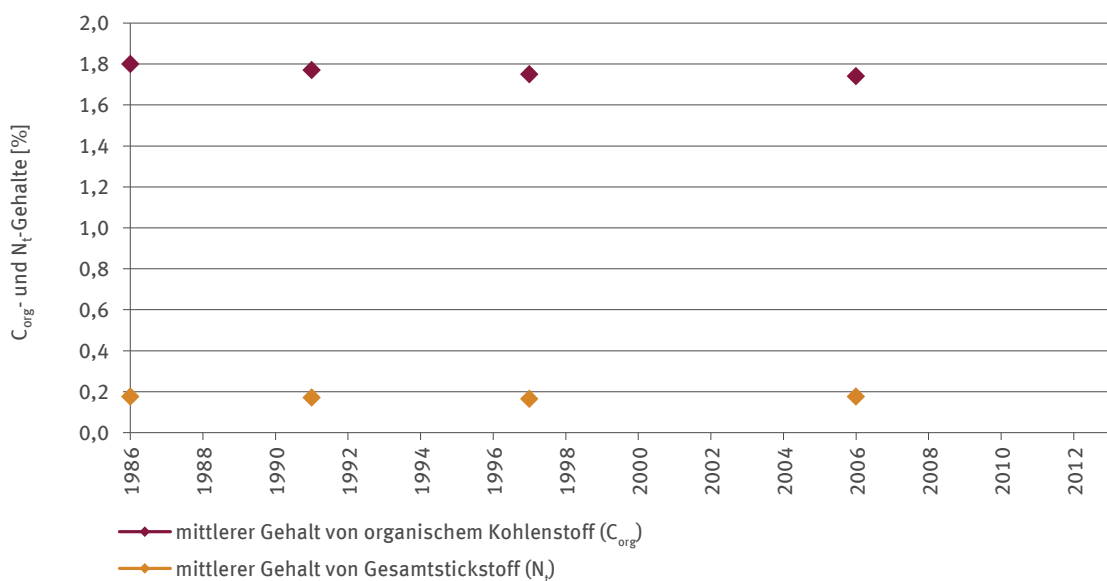
Eine herausragende Rolle für die Widerstandsfähigkeit eines Bodens spielt der Humus, denn er beeinflusst in komplexer Weise nahezu alle Bodeneigenschaften und -funktionen. Unter Humus versteht man die Gesamtheit der organischen Substanz im Boden, die sich aus allen in und auf dem Boden befindlichen abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Stoffen sowie deren organischen Umwandlungsprodukten zusammensetzt. Humus ist wichtiges Speichermedium für Nährstoffe und Wasser und sorgt für ein günstiges Bodengefüge, d. h. er beeinflusst in positiver Weise den Luft- und Wasserhaushalt des Bodens, reduziert die sommerliche Austrocknung

und fördert die Aktivität der Bodenorganismen und die Entwicklung einer stabilen Bodenstruktur, die wirksam vor Bodenverdichtungen und Bodenerosion schützt.

Standortangepasste Humusgehalte zu erhalten und gegebenenfalls auch Humus zu mehr, ist daher eine wichtige Anpassungsmaßnahme zur Gesunderhaltung der Böden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Klimawandel auch unmittelbar Einfluss auf den Humus in Böden hat. Höhere Temperaturen können Mineralisationsprozesse im Boden und folglich auch den Abbau der organischen Substanz beschleunigen. Gleichzeitig kann der Klimawandel aber auch humusmehrende Effekte haben, indem beispielsweise Pflanzen durch höhere Temperaturen mehr Biomasse bilden und dadurch auch mehr Material für die Umwandlung in organische Substanz zur Verfügung steht. Noch komplexer werden die Zusammenhänge bei zusätzlicher Betrachtung der Niederschlagsverhältnisse, denn sowohl für den Humusabbau als auch die Humusbildung ist in ausreichendem Umfang, aber eben

### BO-R-1: Humusgehalte von Ackerböden – Fallstudie

Die Humusgehalte auf landwirtschaftlich genutzten Bodendauerbeobachtungsflächen in Bayern haben sich im Durchschnitt seit Mitte der 1980er Jahren im Durchschnitt nicht relevant verändert. In Abhängigkeit vom Standort und der Nutzung können die Entwicklungen allerdings sehr unterschiedlich sein.



Datenquelle: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Auswertungen von Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Bayern)

auch nicht zu viel Wasser erforderlich. Aufgrund dieser vielfältigen Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Humusbildung oder -abbau sind gegenwärtig keine gesicherten Aussagen über die Veränderungen der Gehalte und Vorräte an organischer Substanz möglich. Außerdem haben Änderungen der Bodennutzung wie z. B. Grünlandumbruch viel stärkere Effekte auf den Humusgehalt als die langfristigen Klimaänderungen.

Die Gehalte an organischer Substanz in Böden werden im Wesentlichen von den standorttypischen Gegebenheiten bestimmt und lassen sich daher nicht einfach durch Zugabe von organischen Materialien erhöhen. Wirksame Steuerungsinstrumente sind hingegen veränderte Nutzungsformen und -praktiken. Auf landwirtschaftlich genutzten Böden dienen beispielsweise Grünlandnutzung, Stallmistwirtschaft, Zwischenfruchtanbau oder das Belassen von Ernte- und Wurzelrückständen im Boden der Humuspflge. Viele Trends, die sich derzeit im Zusammenhang mit der Intensivierung der Landwirtschaft vollziehen, laufen der Stabilisierung oder gar Mehrung der Humusgehalte allerdings entgegen. Im Wald sind die Baumartenzusammensetzung und der Umfang des Holzernterückstände entscheidende Faktoren für die Humusbildung.

Regelmäßige Erhebungen zu den Humusgehalten in Böden führen die Länder im bundesweiten Netz der Bodendauerbeobachtungsflächen durch. Die bundesweiten Auswertungen zu den landwirtschaftlichen Beobachtungsflächen sind noch nicht abgeschlossen, sodass bisher nur aus einzelnen Bundesländern Informationen vorliegen. Ergebnisse aus Bayern zeigen, dass die mittleren Gehalte der wichtigsten Humusbestandteile organischer Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) und Gesamtstickstoff ( $N_t$ ) in Bodentiefen von 0 bis 15 cm über die vergangenen Jahre nahezu gleich geblieben sind. Dies liegt daran, dass sich Veränderungen der Humusgehalte, vor allem Humusmehrungen, grundsätzlich nur sehr langsam vollziehen, und es gleichzeitig Messungenauigkeiten gibt. In Abhängigkeit von der Nutzung der beobachteten Flächen unterscheiden sich die Entwicklungen allerdings. So sind in Bayern auf den ackerbaulich genutzten Beobachtungsflächen mit hohem Mais- und Hackfruchtanteil und niedrigem Getreide-, Raps- und Futterleguminosen-Anteil in der Fruchtfolge die Humusgehalte seit Ende der 1980er Jahre signifikant zurückgegangen.<sup>10</sup>

Schwierig ist auch eine eindeutige Bewertung der Ergebnisse. Denn welche Humusgehalte optimal bzw. anzustreben sind, bedarf einer standortdifferenzierten Festlegung.



Die Einarbeitung von Ernterückständen wie Stroh fördert die Humusbildung. (Foto: uschi dreiucker / pixelio.de)

## Schnittstellen

FW-R-5: Humusvorrat in forstlichen Böden

BO-R-2: Dauergrünlandfläche

BO-R-3: Fläche organischer Böden

## Ziele

Erhaltung des standorttypischen Humusgehalts des Bodens insbesondere durch eine ausreichende Zufuhr an organischer Substanz oder durch Reduzierung der Bearbeitungsintensität  
(Bundes-Bodenschutzgesetz § 17 (2))

Bewirtschaftung der Ackerfläche dergestalt, dass die organische Substanz im Boden erhalten bleibt  
(Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung § 3 (1))

Schutz der ökologischen Leistungsfähigkeit der Böden durch [...] den Erhalt der organischen Substanz, Intensivierung des Bodenschutzes im Hinblick auf die Gefahren [...] des Rückgangs der Humusgehalte, Umsetzung standortangepasster Landnutzungsstrategien zur Verringerung negativer Effekte durch Veränderungen in der Boden- und Humusbildung und damit der C-Sequestrierung (DAS, Kap. 3.2.4)

## Grünlanderhaltung – wichtig für den Bodenschutz

Dauergrünland ist eine landwirtschaftliche Nutzungsform, die aufgrund der permanenten Bodenbedeckung, der Humusanreicherung und der Artenvielfalt vor allem im Vergleich zur Ackernutzung viele günstige ökologische Wirkungen entfaltet und die Böden gegenüber den projizierten nachteiligen Folgen des Klimawandels vergleichsweise gut schützt. Sowohl die Gefahren einer Austrocknung als auch eines Bodenabtrags durch Wasser und Wind sind für Böden unter Grünland deutlich reduziert. Bei Starkniederschlägen kann das Niederschlagswasser in ständig bewachsene Grünlandböden besser eindringen. Dauergrünland zu erhalten oder auch auszuweiten, ist aus diesem Grunde insbesondere in empfindlichen Lagen wie landwirtschaftlich genutzten Hangbereichen oder Überschwemmungsgebieten eine geeignete Maßnahme zum Schutz des Bodens auch unter veränderten Klimabedingungen.

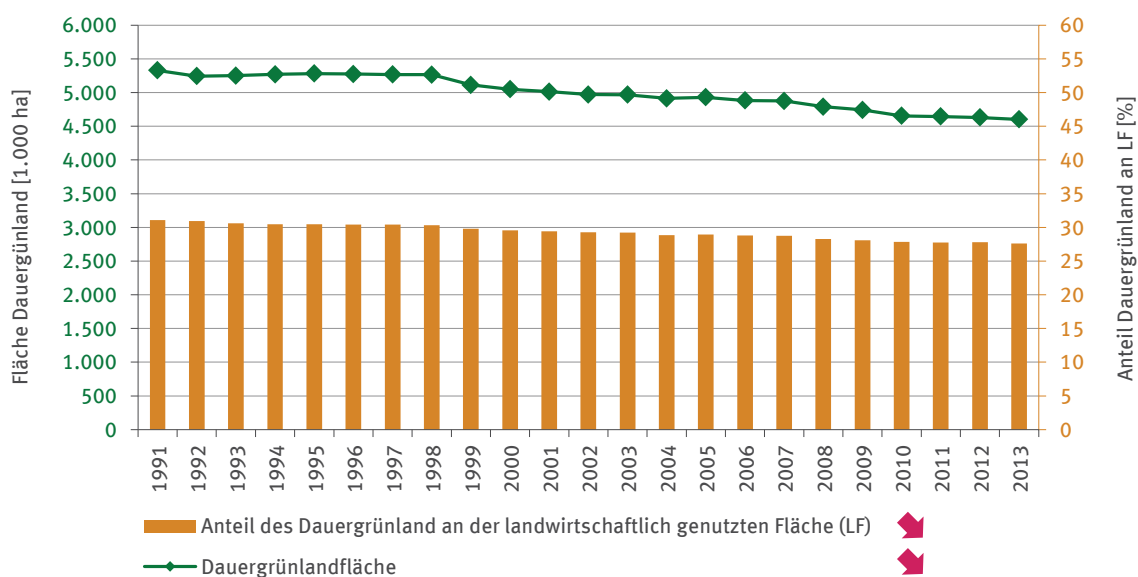
Die Grünlandfläche in Deutschland hat sich in den vergangenen Jahren verringert. Neben der Nutzungsaufgabe

in Gebieten mit ungünstigen Produktionsbedingungen ist diese Entwicklung die Folge von Grünlandumbrüchen zu Gunsten des Marktfruchtbaus, des Futterbaus oder des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen. Der bundesweite Rückgang der Grünlandfläche vollzieht sich dabei nahezu proportional zum Rückgang der Landwirtschaftsfläche in Deutschland insgesamt. Der Flächenumfang des Ackerlandes blieb dagegen auf annähernd gleichem Niveau.

Der Verlust bzw. Umbruch von Grünland ist auch aus Gründen des Klimaschutzes sehr kritisch zu bewerten. Durch Grünlandumbruch wird ein erheblicher Teil des im Boden gespeicherten Kohlenstoffs in Form von Treibhausgasen in die Atmosphäre freigesetzt. Dies gilt in besonderer Weise für Grünland auf organischen Böden, die besonders hohe Anteile organischer Substanz aufweisen. Die Erhaltung des Grünlands ist daher auch aus Klimaschutzsicht eine Maßnahme von hoher Relevanz. Außerdem hat Grünland große Bedeutung für den Artenschutz,

### BO-R-2: Dauergrünlandfläche

Die Erhaltung von Dauergrünland dient dem Schutz von landwirtschaftlich genutzten Böden gegenüber den nachteiligen Folgen des Klimawandels. Die Grünlandfläche unterlag jedoch in den letzten zwanzig Jahren einem kontinuierlichen und signifikanten Rückgangstrend. Dies widerspricht sowohl Zielen der Anpassung als auch des Klimaschutzes.



Datenquelle: StBA (Bodennutzungshaupterhebung und Agrarstrukturerhebung)

die Erhaltung der biologischen Vielfalt sowie den Boden- und Gewässerschutz.

In den letzten zehn Jahren ist in den meisten Bundesländern die Dauergrünlandfläche zurückgegangen. Lediglich in den Bundesländern Hessen, Saarland, Sachsen und Sachsen-Anhalt ist das Dauergrünland praktisch auf gleichem Niveau geblieben. Gleiches gilt für den Anteil des Dauergrünlands an der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Dennoch verteilen sich die Grünlandverluste regional sehr unterschiedlich. Zu den größten Grünlandverlusten kommt es in Regionen mit intensiver Tierhaltung, in denen in großem Umfang Futtermais angebaut wird und sich zugleich der größte Zubau an Biogaskapazitäten vollzogen hat.

Die Daten zur Entwicklung der Dauergrünlandfläche lassen keine differenzierten Aussagen zur ökologischen Wertigkeit der verlorenen Grünlandflächen zu. Umgebrochen wird Grünland grundsätzlich auf sämtlichen Grünlandstandorten, d. h. auch naturschutzfachlich und ökologisch besonders wertvolle und empfindliche Standorte der Halbtrockenrasen und Feuchtgrünländer sind betroffen. Der Umbruch auf nassen Böden und Moorböden ist dabei aus Klimaschutzsicht besonders bedenklich.

Die Cross Compliance-Regelungen der EU für Direktzahlungen, die die Gewährung von Direktzahlungen sowie die Zahlungen für bestimmte Maßnahmen der 2. Säule und des Weinbereichs u. a. mit der Einhaltung von Umweltstandards verknüpfen, verpflichten die Mitgliedsstaaten u. a. zur Erhaltung von Dauergrünland. Verringern sich die Flächenanteile des Dauergrünlands an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche zu stark, müssen die Länder Verordnungen erlassen, nach denen der Grünlandumbruch einer vorherigen Genehmigung bedarf. In denjenigen Regionen Deutschlands, für die bereits eine solche Dauergrünland-Erhaltungsverordnung erlassen werden musste, konnte der Verlust an Dauergrünlandfläche gestoppt werden. Vor allem für die Sicherung ökologisch sensibler Grünlandstandorte entfalten die Cross Compliance-Regelungen allerdings nur begrenzte Wirkung, da regionale Verlagerungen von Grünland möglich sind.

Ab 2015 wird das Dauergrünlanderhaltungsgebot im Rahmen des sogenannten „Greening“ zur Anwendung kommen. Danach ist in Deutschland eine Umwandlung von Dauergrünland in Ackerland grundsätzlich nur noch nach Genehmigung erlaubt, die i. d. R. nur dann erteilt wird, wenn diese Umwandlung mit dem geltenden Fachrecht in Einklang steht und entsprechende



Grünlandumbruch widerspricht sowohl Zielen der Anpassung als auch des Klimaschutzes.  
(Foto: Konstanze Schönthaler / Bosch & Partner GmbH)

Dauergrünlandflächen an anderer Stelle neu angelegt werden. In Gebieten, die nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie ausgewiesen sind (FFH-Gebiete), gilt für Dauergrünland sogar ein striktes Umbruch- und Umwandlungsverbot. Bei Verstößen werden die landwirtschaftlichen Direktzahlungen gekürzt.

## Schnittstellen

BO-R-3: Fläche organischer Böden

## Ziele

Förderung standortangepasster Landnutzungsstrategien (DAS, Kap. 3.2.4)

Schutz von Dauergrünland  
(Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung, § 4a)

## Organische Böden – schützen und Nutzung extensivieren

Organischen Böden kommt im Zusammenhang mit der Anpassung und dem Klimaschutz eine besonders bedeutende Rolle zu. Als organische Böden werden Böden bezeichnet, die im Gegensatz zu mineralischen Böden einen deutlich höheren Anteil organischer Substanz aufweisen. Sowohl Moore, die Gehalte von mindestens 30 % organischer Substanz haben, als auch Anmoore mit Humusgehalten zwischen 15 und 30 % zählen zu dieser Gruppe.

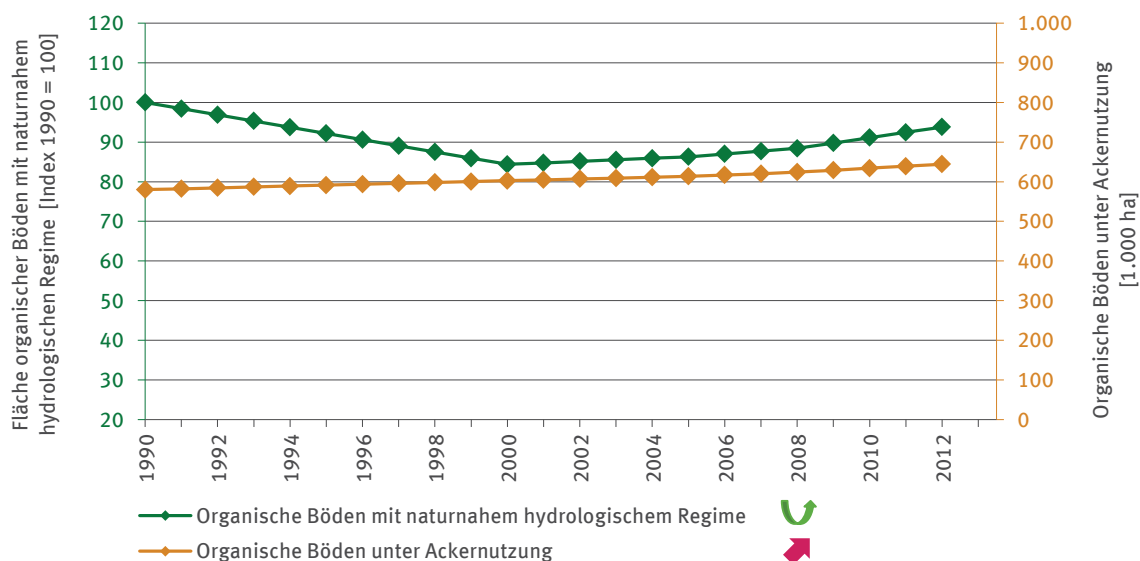
Wachsende Moore, in denen der Wasserstand ausreichend hoch ist, nehmen über das Pflanzenwachstum Kohlendioxid aus der Atmosphäre auf. Die Torfe, die sich aus abgestorbenem Pflanzenmaterial zusammensetzen, werden bei permanenter Wassersättigung zu langfristigen Kohlenstoffsenken. So lagert in den Mooren doppelt so viel Kohlenstoff wie in allen Wäldern der Welt. Die Erhaltung der Moore mit ihrem natürlichen Wasserhaushalt gilt daher als eine hochrelevante Klimaschutzmaßnahme. Aber auch mit Blick auf die Anpassung sind diese Böden

und Ökosysteme schutzwürdig, denn sie sind in der Lage, große Mengen von Wasser aufzunehmen und zu speichern. Sie wirken damit u. a. bei Extremereignissen regulierend auf die Abflussbildung und haben außerdem kühlende Wirkung auf ihre Umgebung. Auch aus naturschutzfachlicher Sicht sind die Erhaltung funktionsfähiger Moorböden und die Sicherung bzw. Wiederherstellung natürlicher bzw. naturnaher wachsender Moore von Bedeutung. Intakte Moore sind Rückzugsräume für seltene Arten und beherbergen viele hochspezialisierte Arten, die unter den Bedingungen des Klimawandels voraussichtlich zusätzlich unter Druck geraten werden.

Obwohl Moore als landwirtschaftliche Grenzertragsstandorte gelten, sind heute 32 % ackerbaulich und 40 % als Grünland genutzt. Damit liegen etwa 8 % der gesamten landwirtschaftlichen Fläche in Deutschland auf Moorböden.<sup>11</sup> Etwa 14 % der Moore sind von Wald bedeckt, nur knapp 4 % können heute noch als naturnah eingestuft werden.<sup>12</sup> Zu den Moorböden kommen

### BO-R-3: Fläche organischer Böden

Durch Schutz- und Revitalisierungsmaßnahmen steigt die Fläche organischer Böden mit naturnahem Wasserhaushalt inzwischen wieder an. Der Anstieg in den letzten Jahren war signifikant. Diese Böden erbringen wichtige ökologische Leistungen für die Regulierung des Landschaftswasserhaushalt und des lokalen Klimas. Die Fläche organischer Böden unter Ackernutzung nimmt allerdings nach wie vor zu.



Datenquelle: Thünen-Institut für Agrarklimaschutz (Grundlagendaten aus der Nationalen Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen)

in größerem Umfang noch weitere Flächen organischer Böden wie z. B. Anmoore hinzu, die ebenfalls land- und forstwirtschaftlich genutzt werden und keinerlei Schutz unterliegen. Die Voraussetzung für eine landwirtschaftliche Nutzung auf diesen Standorten ist die Entwässerung mittels Gräben und Drainagen. In Abhängigkeit vom Kultivierungsverfahren und der Nutzungsform wird der Stoff- und Wasserhaushalt der Böden unterschiedlich stark gestört, und die Böden verlieren ihre positiven ökologischen Eigenschaften. Extensives, nur wenig oder nicht entwässertes Grünland und naturnaher Wald wirken grundsätzlich weniger beeinträchtigend als intensives Grünland, Nadelwaldbestockung oder gar die ackerbauliche Nutzung.

Naturnahe hydrologische Verhältnisse in organischen Böden zu erhalten oder die Wasserstände wieder anzuheben, was häufig mit einer Extensivierung oder Aufgabe der Nutzung einhergeht, gilt als wirksame Maßnahme des Klimaschutzes. Sie unterstützt zugleich Ziele der Anpassung. Bei der Konzipierung der jeweiligen Maßnahmen ist es dabei erforderlich, beide Zielsetzungen gleichermaßen zu berücksichtigen, was eine präzise Wasserstandsregulierung erfordert. So liefern beispielsweise überstaute Moore zwar einen Beitrag zur Wasserrückhaltung in der Fläche, sie können aber zu erheblichen Freisetzung von Treibhausgasen, vor allem von Methan, führen.

Die großen Potenziale des Moorschutzes für Synergien im Biotop- und Artenschutz, Klima-, Gewässer- und Bodenschutz sind erkannt worden. Dies hat bundesweit, vor allem in den Bundesländern Brandenburg, Bayern, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein mit besonders großen Flächenanteilen an Moorböden, dazu geführt, dass die Bemühungen zum wirksamen Schutz naturnaher Moore und zur Revitalisierung degradierter Moore verstärkt wurden.

Durch Maßnahmen zur Wiederanhebung von Wasserständen und zur Nutzungsextensivierung steigt seit der Jahrtausendwende die Fläche organischer Böden mit einem naturnahen hydrologischen Regime wieder an. Im Jahr 2012 betrug sie rund 62.800 Hektar. Allerdings nimmt die Fläche ackerbaulich genutzter organischer Böden nach wie vor zu, sie belief sich im Jahr 2012 auf etwa 644.000 Hektar. Das erklärt sich vor allem damit, dass zum einen auch auf organischen Böden noch immer Grünland zu Acker umgebrochen wird und sich zum anderen Nutzungsextensivierungen deutlich weniger auf Ackerland als auf Grünland- und Waldstandorte konzentrieren.



Naturnahe Moore sind Puffer im Landschaftswasserhaushalt. (Foto: Marika Bernrieder / Bosch & Partner GmbH)

## Schnittstellen

BO-R-2: Dauergrünlandfläche

## Ziele

Schutz der ökologischen Leistungsfähigkeit der Böden durch [...] den Erhalt der organischen Substanz, Intensivierung des Bodenschutzes im Hinblick auf die Gefahren [...] des Rückgangs der Humusgehalte, v. a. auch in hydromorphen Böden, Umsetzung standortangepasster Landnutzungsstrategien zur Verringerung negativer Effekte durch Veränderungen in der Boden- und Humusbildung und damit der C-Sequestrierung (DAS, Kap. 3.2.4)

Signifikante Reduzierung des Torfschwunds in regenerierbaren Niedermooren, Schutz des Wasserhaushalts intakter Moore und dauerhafte Wiederherstellung regenerierbarer Moore bis 2020, natürliche Entwicklung in allen Hochmooren und Moorwäldern (NBS, B 1.2.5)



© Wolfgang Dirscherl / pixelio.de

# Biologische Vielfalt



Die Verbreitung der Tier- und Pflanzenarten, der Lebensgemeinschaften und der Ökosysteme auf der Erde wird ganz wesentlich vom Klima bestimmt. Veränderungen u. a. der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse sowie der Häufigkeit von Extremereignissen beeinflussen langfristig die jahreszeitliche Entwicklung, das Verhalten, die Fortpflanzung, die Konkurrenzfähigkeit und die Nahrungsbeziehungen von Arten. Den Projektionsergebnissen zufolge werden sich für viele der in Deutschland vorkommenden Arten die klimatisch geeigneten Lebensräume nach Norden und Osten, in höhere Lagen der Gebirge oder entlang von Feuchtegradienten verschieben. Der Klimawandel kann Arten gefährden, wenn ihre Verbreitungsgebiete schrumpfen oder sie neue Lebensräume nicht besiedeln können, weil ihre Ausbreitung beschränkt ist. Zu einer Gefährdung kann es auch kommen, wenn die Entwicklungsrhythmen bestimmter Arten nicht mehr aufeinander abgestimmt sind. Heute gilt der Klimawandel nach dem Landnutzungswandel als einer der wichtigsten Einflussfaktoren auf die biologische Vielfalt.

Neben direkten Auswirkungen hat der Klimawandel auch indirekte Auswirkungen auf die biologische Vielfalt. Auslöser sind Anpassungen der Landnutzung u. a. in der Land- und Forstwirtschaft oder Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und der Infrastruktur, beispielsweise ein verändertes Gewässermanagement. Auch die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen wie der Ausbau der erneuerbaren Energien oder die Dämmung von Gebäuden nimmt Einfluss auf Vorkommen von Arten und die Qualität von Lebensräumen. Allerdings lässt sich in den meisten Fällen nur schwer nachweisen, in welchem Umfang diese Entwicklungen die biologische Vielfalt beeinflussen, da neben dem Klimawandel in der Regel zahlreiche weitere Faktoren wirken.

Um den Schutz der biologischen Vielfalt unter sich verändernden klimatischen Bedingungen zu verbessern, müssen vor allem die Voraussetzungen geschaffen werden, dass ausreichend große Populationen und ihre genetische Vielfalt erhalten bleiben, die Lebensräume von Arten gut miteinander vernetzt sind und andere nachteilige Einflüsse sowohl auf Arten als auch auf Lebensräume so weit wie möglich vermindert werden.

## Auswirkungen des Klimawandels

Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten (BD-I-1) .....	90
Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft (BD-I-2).....	92
Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen (BD-I-3) .....	94

## Anpassungen

Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und Landschaftsrahmenplänen (BD-R-1) .....	96
Gebietsschutz (BD-R-2).....	98

## Zeitliche Entwicklung von Wildpflanzenarten verschiebt sich im Jahresverlauf

In unseren Breiten bestimmen insbesondere die klima- und witterungsbedingten Temperaturverläufe den Jahresgang der Entwicklung der Pflanzen. So lässt sich beispielsweise eine sehr frühe Blüte von Gehölzen wie Hasel oder Schwarzerle nach einem warmen Winter beobachten. Für diese Entwicklung sind nicht einzelne besonders warme oder kalte Tage entscheidend, sondern längerfristige Witterungsverläufe, die der Blüte vorangehen. Sind die Temperaturen am Ende des Winters über mehrere Wochen hinweg hoch, bauen sich hohe Wärmesummen auf, die die Pflanzenentwicklung beschleunigen.

Veränderungen natürlicher jahreszeitlicher Rhythmen und die damit verbundenen zeitlichen Verschiebungen in der Entwicklung von Pflanzen werden seit vielen Jahren anhand sogenannter phänologischer Beobachtungen dokumentiert. Erfasst wird dabei bundesweit das Eintreten bestimmter periodisch wiederkehrender biologischer

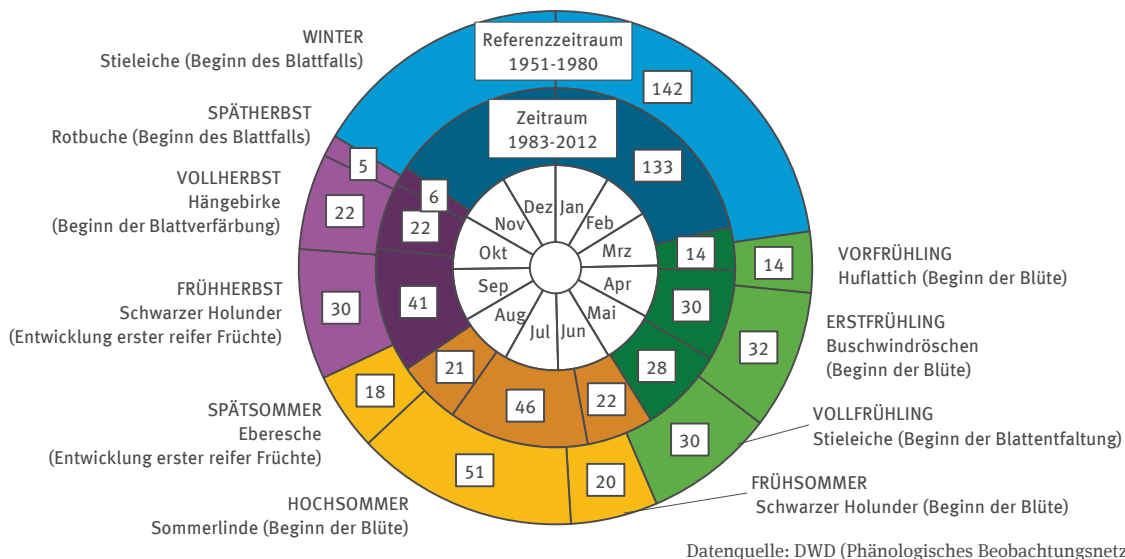
Erscheinungen wie Blatt- und Knospenaustrieb, Blüte, Fruchtreife oder Blattfall. Das phänologische Beobachtungsnetz des Deutschen Wetterdienstes umfasst u. a. ein breites Spektrum von Wildpflanzen, deren spezifische Entwicklungsphasen den Beginn der phänologischen Jahreszeiten markieren.

Da eine Interpretation der Verschiebungen jahreszeitlicher Zyklen nur über größere Zeiträume betrachtet zu gesicherten Ergebnissen führt, werden phänologische Daten ebenso wie klimatische Daten über Zeiträume von 30 Jahren gemittelt. Vergleicht man in der sogenannten phänologischen Uhr die mittleren Eintrittszeitpunkte der phänologischen Jahreszeiten im Referenzzeitraum 1951 bis 1980 mit denen im Zeitraum 1983 bis 2012, wird folgendes Muster deutlich: Die phänologischen Jahreszeiten vom Vorfrühling über den Sommer bis zum Frühherbst setzen in der Periode nach 1983 jeweils früher ein als

### BD-I-1: Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten

Der Beginn des phänologischen Frühlings, Sommers und Herbstes hat sich in den letzten 61 Jahren im Jahresverlauf nach vorne verschoben. Der Winter ist deutlich kürzer, der Frühherbst deutlich länger geworden. Diese Veränderungen sind Ausdruck der Anpassungsfähigkeit von Pflanzen an das veränderte Klima, können aber auch weitergehende Folgen für die biologische Vielfalt bis hin zur Gefährdung von Tier- und Pflanzenarten haben.

Leitphasen, mittlerer Beginn und mittlere Dauer der phänologischen Jahreszeiten in den Zeiträumen 1951-1980 und 1983-2012



im Referenzzeitraum, Vollherbst, Spätherbst und Winter hingegen jeweils später. Dadurch ist insbesondere der Frühherbst im Mittel der Jahre 1983 bis 2012 um etwa elf Tage länger, der Winter jedoch um etwa neun Tage kürzer als noch zwischen 1951 und 1980. Dieser Vergleich ergibt auch, dass der Sommer im Mittel der beiden Perioden zwar unverändert etwa 89 Tage dauert, aber Beginn und Ende des Sommers durchschnittlich etwa neun Tage früher liegen. Analysiert man die Eintrittsdaten der phänologischen Jahreszeiten im Vergleich der beiden Perioden, so ergeben sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Perioden für alle Jahreszeiten mit Ausnahme des Vorfrühlings und des Spätherbstes.

Verschiebungen phänologischer Jahreszeiten sind zum einen Ausdruck der Anpassungsfähigkeit von Pflanzen und Tieren an veränderte Klimaverhältnisse. Zum anderen lassen die durch den Klimawandel verursachten Veränderungen von Entwicklungszyklen aber auch auf weitergehende Folgen für die biologische Vielfalt schließen. Phänologische Verschiebungen können in bestimmten Fällen das zeitliche Zusammenspiel zwischen Organismen entkoppeln. Dadurch werden etablierte Wechselwirkungen beispielsweise zwischen Pflanzen und deren Bestäubern oder in Räuber-Beute-Beziehungen beeinflusst. Dies wirkt sich auf Struktur und Funktionen von Ökosystemen aus und kann zur Gefährdung von Tier- und Pflanzenarten führen. So konnte beispielsweise anhand von Populationen des Trauerschnäppers in den Niederlanden nachgewiesen werden, dass die Individuenzahl zurückging, weil es zu einer solchen zeitlichen Entkopplung der Aufzuchtzeit der Nestlinge von der Zeit des optimalen Nahrungsangebots gekommen ist.<sup>13</sup> Da Trauerschnäpper Langstreckenzieher sind und in Afrika überwintern, können sie auf veränderte Zyklen der Entwicklung ihrer Nahrungsorganismen nicht ausreichend reagieren.

Für Deutschland gibt es keine breit angelegten Untersuchungen oder systematischen Beobachtungen der Folgen solcher durch phänologische Verschiebungen veränderter Beziehungen zwischen Pflanzen und Tieren. Möglich ist daher zum jetzigen Zeitpunkt nur die Aussage, dass mit weiteren Verschiebungen der phänologischen Phasen eine Zunahme solcher Veränderungen erwartet wird.

Gleiches gilt für die beobachtete Verlängerung der phänologischen Vegetationsperiode. Deren Dauer entspricht der Summe der Tage des phänologischen Frühlings, Sommers und Herbstes. Während die Vegetationsperiode in den Jahren 1951 bis 1980 im Mittel lediglich 222 Tage dauerte, verlängerte sie sich im Durchschnitt der Jahre 1983 bis 2012 um 8 Tage auf 230 Tage. Dabei ist zu



Der Hufplattich blüht heute früher im Jahr als noch Mitte des letzten Jahrhunderts. (Foto: berggeist007 / pixelio.de)

beachten, dass die Länge über die Jahre hinweg stark variiert. Eine Verlängerung der Vegetationsperiode kann beispielsweise zu einer höheren Produktivität von Ökosystemen führen, was wiederum Beziehungen zwischen verschiedenen Arten beeinflussen kann. Deutschlandweite systematische Untersuchungen der Auswirkungen einer verlängerten Vegetationsperiode auf die biologische Vielfalt liegen bisher nicht vor.

## Schnittstellen

LW-I-1: Verschiebung agrarphänologischer Phasen  
 LW-R-1: Anpassung von Bewirtschaftungsrhythmen  
 WW-I-7: Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern

## Einfluss des Klimawandels auf Vogelarten nimmt zu

Vögel reagieren auf viele Veränderungen ihrer Umwelt vergleichsweise sensibel. Dies führt dazu, dass sich die Zusammensetzung von Vogelgemeinschaften in Abhängigkeit von Umwelteinflüssen stark verändern kann. In der Regel sind diese Veränderungen Ergebnis des Zusammenwirkens vieler unterschiedlicher Einflussfaktoren. Eine alleinige Ursache für den Wandel von Artengemeinschaften und den Rückgang oder Ausfall einzelner Arten gibt es i. d. R. nicht. Wissenschaftliche Untersuchungen belegen jedoch, dass Klimaveränderungen hierbei eine entscheidende Rolle spielen können.

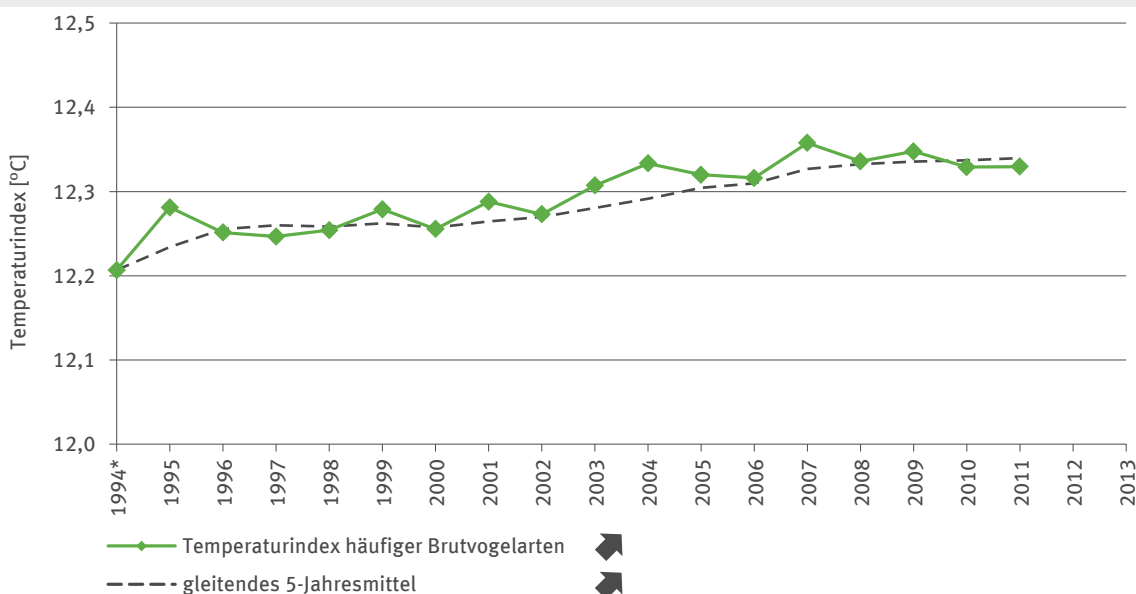
Brutvögel haben in der Brutzeit artspezifische Temperaturansprüche. Diese sind beispielsweise bei der Wacholderdrossel, dem Fitis und dem Gimpel niedriger als beim Schwarzkehlchen, dem Gartenbaumläufer, der Grauammer und der Nachtigall. Nehmen bedingt durch den Klimawandel die Temperaturen in der Brutzeit im langfristigen Mittel zu, dann finden wärmeliebende Arten bessere Bedingungen vor und werden im Vergleich zu

anderen Vogelarten häufiger. Umgekehrt werden kälteliebende Arten im Vergleich zu anderen Vogelarten seltener.

In den Jahren 1990 bis 2010 lässt sich eine solche Entwicklung anhand von 88 in Deutschland häufig vorkommenden Brutvogelarten beobachten. In diesem Zeitraum haben sich – wie der Temperaturindex häufiger Brutvogelarten zeigt – die relativen Häufigkeiten der betrachteten Vogelarten zu Gunsten wärmeliebender Arten bzw. zu Ungunsten kälteliebender Arten in statistisch signifikanter Weise verschoben. Zur Berechnung des Temperaturindex wird jeder der 88 Arten ein artspezifischer Temperaturanspruchswert zugeordnet, der aus der durchschnittlichen Temperatur für den Referenzzeitraum 1961-1990 innerhalb des europäischen Verbreitungsgebiets der Art ermittelt wird. Diese artspezifischen Temperaturanspruchswerte gehen – nach der relativen Häufigkeit der Art im jeweiligen Jahr gewichtet – in die Berechnung des Indexwerts ein. Je stärker der Temperaturindex häufiger Brutvogelarten langfristig zunimmt,

### BD-I-2: Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft

Der Klimawandel führt zu Veränderungen von Artengemeinschaften. Bei 88 in Deutschland häufig vorkommenden Brutvogelarten haben sich in den Jahren 1990 bis 2010 die relativen Häufigkeiten zu Gunsten wärmeliebender Arten bzw. zu Ungunsten kälteliebender Arten in statistisch signifikanter Weise verschoben. Welche weiteren Auswirkungen dies auf die biologische Vielfalt hat, lässt sich derzeit noch nicht abschätzen.



\* Temperaturindex 1994: Mittelwert der Jahre 1990-1994

Datenquelle: Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V.

desto stärker verschieben sich die relativen Häufigkeiten der Arten untereinander zugunsten wärmeliebender Arten und desto stärker ist der Einfluss eines Temperaturanstiegs auf die betrachtete Gruppe der Vögel. Die gezeigten Indexwerte sind auf ganz Deutschland bezogen, d. h. Aussagen zu einer veränderten Zusammensetzung regionaler Brutvogelgemeinschaften sind hiermit nicht möglich.

Auch andere Artengruppen wie Tagfalter oder Gefäßpflanzen können als Zeiger für langfristige Temperaturveränderungen im Klimawandel dienen. Dabei zeigen sich Artverschiebungen am deutlichsten in ökologischen Grenzregionen wie den Gebirgen. So haben europaweit angelegte Untersuchungen der Vegetation in den Gipfelbereichen der Gebirge oberhalb der Baumgrenzen ergeben, dass sich die dortigen Artengemeinschaften der Gefäßpflanzen in ihrer Zusammensetzung verändern. Hier siedeln sich wärmeliebende Arten aus tiefer gelegenen Gebieten an. Auch in Flüssen, Seen und Meeren vollziehen sich bereits Veränderungen der Zusammensetzung von Artengemeinschaften.

Neben Verschiebungen der Arthäufigkeiten innerhalb bestehender Artengemeinschaften führt der Klimawandel auch zur Einwanderung und Ausbreitung von Arten, die zuvor nicht in unseren Breiten vorkamen. Diese Entwicklungen vollziehen sich sowohl bei Pflanzen als auch bei Tieren. Beispiele hierfür sind der Orpheusspötter, der aus Südwesteuropa kommend in den 1980er Jahren als Brutvogel nach Deutschland eingewandert ist und sich derzeit tendenziell weiter ausbreitet, oder die Gottesanbeterin, die sich seit den 1990er Jahren vom Mittelmeerraum kommend in Deutschland allmählich weiter nördlich ausbreitet.



Die Nachtigall bevorzugt während der Brutzeit höhere Temperaturen und kann daher von einer Klimaerwärmung profitieren. (Foto: dennisjacobsen / fotolia.com)

## Schnittstellen

FW-I-1: Baumartenzusammensetzung in Naturwaldreservaten

FI-I-1: Verbreitung warmadaptierter mariner Arten

FI-I-2: Vorkommen wärmeliebender Arten in Binnengewässern

## Ziele

Abpufferung und Minimierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland (z. B. Verschiebung der Vegetationszonen, Veränderung des Vogelzugverhaltens, Gefährdung kälteliebender Arten) (NBS, Kap. B 3.2)

## Zunahme natürlich überflutbarer Flächen fördert die biologische Vielfalt in Auen

Neben den beschriebenen direkten Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt bedingen der Klimawandel und die damit verbundenen Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen auch indirekte Auswirkungen vor allem in Form einer veränderten Landnutzung. Nach Einschätzung von Experten nehmen diese indirekten Klimawandelfolgen sogar größeren Einfluss auf die Entwicklung der biologischen Vielfalt als die direkten Wirkungen der sich verändernden klimatischen Bedingungen. Eine exakte Quantifizierung indirekter Folgen von Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen für Arten und Lebensräume ist derzeit jedoch kaum möglich. Zu komplex ist das Zusammenwirken der unterschiedlichen Einflussfaktoren.

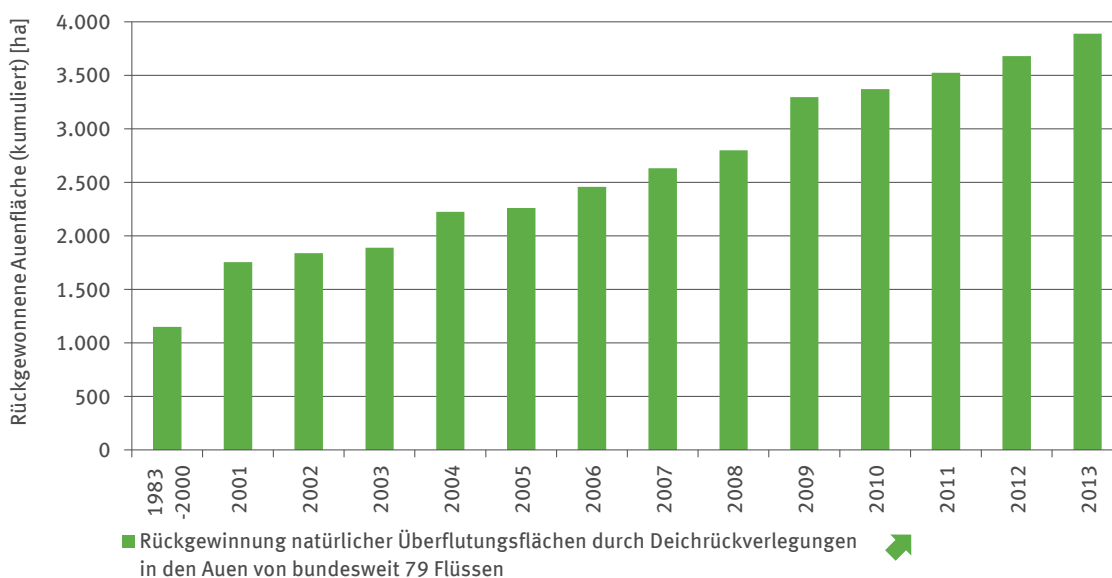
Zu den Landnutzungsveränderungen, die in einen Zusammenhang mit dem Klimawandel gestellt werden können, gehören auch Anpassungsmaßnahmen beim

Gewässermanagement. Neben Deicherhöhungen, der Errichtung von Rückhaltebecken oder anderen technisch geprägten Maßnahmen gilt vor allem die dauerhafte Wiederherstellung natürlicher Überflutungsflächen als wirksame Strategie des Hochwasserschutzes.

Können sich Flüsse im Falle von Hochwasserereignissen in diese Überflutungsflächen hinein ausdehnen, wird der Abfluss verlangsamt und die Hochwasserwelle gedämpft. Solche neu gewonnenen Überflutungsflächen wurden zuvor in vielen Fällen intensiv landwirtschaftlich genutzt. Eine Überführung in Flächen mit natürlicher Hochwasserdynamik ermöglicht eine Wiederbesiedlung mit vielen autotypischen Pflanzen- und Tierarten. Darunter befinden sich auch zahlreiche seltene und gefährdete Arten, die an die besonderen Bedingungen stark wechselnder Wasserstände angepasst sind, u. a. Biber, Fischotter, Eisvogel, Uferschwalbe, Rohrweihe, mehrere vor allem

### BD-I-3: Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen

Rückverlegung, Rückbau oder Schlitzung von Deichen haben seit 1983 zu einer Zunahme von natürlichen Überflutungsflächen geführt. Durch den Anschluss an die Gewässer und die Wiederherstellung der natürlichen Überschwemmungsdynamik sind neue naturschutzfachlich wertvolle Lebensräume für eine Vielzahl seltener und gefährdeter Tier- und Pflanzenarten sowie naturschutzfachlich bedeutsame Auwälder entstanden.



Datenquelle: Möhring et al. 2012<sup>14</sup>, Eigenrecherchen des Bundesamtes für Naturschutz

störungsempfindliche Entenarten sowie zahlreiche Libellen- und Amphibienarten. Zudem stellen natürlich überflutbare Lebensräume der Auen ein wichtiges Bindeglied im Biotopverbund und Schutzgebietssystem Natura 2000 dar. Anhand des Deichrückbaus zur Wiederherstellung natürlicher Retentionsräume in Flussauen wird deutlich, dass Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel im Rahmen des naturverträglichen Hochwasserschutzes auch positive Auswirkungen auf die biologische Vielfalt haben können.

Durch Rückbau, Rückverlegung oder Schlitzung von Deichen an bundesweit 79 Flüssen in den Jahren von 1983 bis 2013 sind 3.887 Hektar ehemalige Auenfläche wieder an die natürliche Überflutungsdynamik der Fließgewässer angeschlossen worden und werden bei Hochwasserereignissen ungesteuert überschwemmt. Die Einrichtung gesteuerter Hochwasserschutzpolder oder sonstige gesteuerte Flutungen der Aue sind dabei nicht berücksichtigt. Auch wenn diese Maßnahmen i. d. R. nicht allein oder primär zur Anpassung an den Klimawandel geplant wurden, so ist doch vor allem in den letzten zehn Jahren das Bewusstsein gewachsen, dass der Klimawandel eine veränderte Abflussdynamik in den Flusseinzugsgebieten mit sich bringt und natürliche Retentionsflächen rückgewonnen werden müssen, um großen Schäden an Infrastruktur und landwirtschaftlichen Flächen vorzubeugen.

Eine bundesweite Auenerfassung im Jahr 2009 kam zu dem Ergebnis, dass von ehemals rund 1,5 Millionen Hektar Auenfläche heute noch rund 480.000 Hektar bei Hochwasser als Retentionsraum zu Verfügung stehen.<sup>15</sup> Die in den Jahren von 1983 bis 2013 erzielte Rückgewinnung natürlich überflutbarer Auenflächen umfasst demgegenüber eine vergleichsweise kleine Fläche.



Die Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen dient dem Hochwasserschutz und hat positive Auswirkungen auf die biologische Vielfalt. (Foto: Rudolpho Duba / pixelio.de)

### Schnittstellen

- WW-I-3: Hochwasser
- WW-R-2: Gewässerstruktur
- RO-R-3: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für (vorübergehenden) Hochwasserschutz
- RO-R-6: Siedlungsnutzung in Hochwassergefahrenbereichen

### Ziele

- Vergrößerung der Rückhalteflächen an den Flüssen um mindestens 10 % bis 2020 (NBS, Kap. B 1.2.4)
- Frühere Überschwemmungsgebiete, die als Rückhalteflächen geeignet sind, sollen so weit wie möglich wiederhergestellt werden, wenn überwiegende Gründe des Wohls der Allgemeinheit dem nicht entgegenstehen. (Wasserhaushaltsgesetz, § 77)
- Förderung von Maßnahmen mit abmildernder Wirkung auf Extremereignisse, z. B. Maßnahmen zur Verbesserung der Hydromorphologie (u. a. Anbinden von Altarmen, aber auch Deichrückverlegungen) (DAS, Kap. 2.3)

## Auswirkungen des Klimawandels finden zunehmend Eingang in die Landschaftsplanung

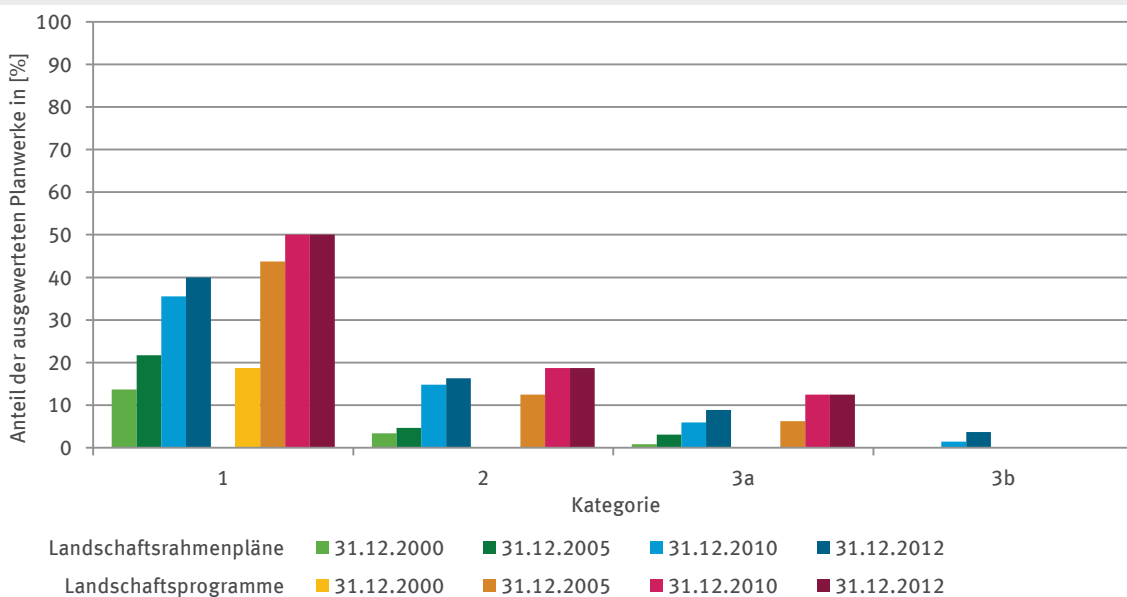
Die Landnutzung hat wesentlichen Einfluss auf die biologische Vielfalt und ist damit auch einer der zentralen Ansatzpunkte zum Schutz von Tieren und Pflanzen und zur Entwicklung geeigneter Lebensräume. Der Klimawandel stellt dabei in mehrfacher Hinsicht neue Anforderungen an eine naturverträgliche und zukunftsorientierte Steuerung der Landnutzung, da die Konkurrenz um Flächen aller Voraussicht nach weiter zunehmen wird. Der Ausbau erneuerbarer Energien zu Zwecken des Klimaschutzes, insbesondere aber die Verwendung von Biomasse zur Energiegewinnung führt regional zu einer Intensivierung der Flächennutzung durch Land- und Forstwirtschaft.

Zur Sicherung der biologischen Vielfalt ist es notwendig, bei naturschutzfachlichen Entscheidungen die direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels zu berücksichtigen, auf der konzeptionellen und planerischen Ebene die erforderlichen Ziele zu benennen und

konkrete Maßnahmen vorzubereiten. Der Landschaftsplanung kommt dabei als flächendeckendem Instrument des Naturschutzes besondere Bedeutung zu. Die Landschaftsprogramme übernehmen auf Ebene der Bundesländer wichtige koordinierende Funktionen und setzen Prioritäten bei der Festlegung landesweit bedeutsamer Erfordernisse und Maßnahmen des Naturschutzes. Sie enthalten neben programmatischen Zielsetzungen und Leitlinien für die Naturschutzpolitik eines Bundeslandes auch raumkonkrete Darstellungen beispielsweise zum landesweiten Biotopverbund oder zu den Gebietskulissen für Förderprogramme. Zur Präzisierung der Landschaftsprogramme können auf Ebene von Planungsregionen bzw. Landkreisen oder Regierungsbezirken Landschaftsrahmenpläne erstellt werden. Sie konkretisieren unter anderem die Vorgaben des Biotopverbunds oder legen Vorranggebiete fest.

### BD-R-1: Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und -rahmenplänen

Landschaftsprogramme und Landschaftsrahmenpläne konkretisieren Ziele und Grundsätze von Naturschutz und Landschaftspflege auf landesweiter und regionaler Ebene. Die Klimawandelfolgen und die daraus resultierenden Anforderungen an den Biotop- und Artenschutz finden zunehmend Eingang in diese Planwerke. Konkrete Aussagen u. a. zu Zielen und Maßnahmen mit Klimawandelbezug fehlen bislang aber in der deutlichen Mehrzahl der Pläne.



Datenquelle: Bundesamt für Naturschutz (eigene Auswertung)



Die Regelungen der einzelnen Landesnaturschutzgesetze zur Aufstellung und Fortschreibung von Landschaftsprogrammen und Landschaftsrahmenplänen sind allerdings uneinheitlich. So verzichten die Stadtstaaten Berlin, Bremen und Hamburg sowie das Saarland und künftig auch Hessen und Schleswig-Holstein auf die Aufstellung von Landschaftsrahmenplänen. Teilweise führt die aktuelle Rechtslage auch dazu, dass ältere Landschaftsprogramme nicht mehr fortgeschrieben werden müssen. Der Fortschreibungsturnus der Landschaftsrahmenpläne ist ebenfalls unterschiedlich. Nach wie vor gilt jedoch, dass Landschaftsprogramme und Landschaftsrahmenpläne die zentrale planerische Ebene darstellen, auf der die aus dem Klimawandel resultierenden Anforderungen an die Landschaftsplanung und den Naturschutz verankert werden können.

Eine Auswertung der 16 Landschaftsprogramme der Länder sowie der verfügbaren Landschaftsrahmenpläne – im Jahr 2012 waren dies 135 – zeigt, dass die Auswirkungen des Klimawandels und die daraus resultierenden planerischen Anforderungen zwar noch keine breite Berücksichtigung finden. Jedoch haben klimawandelbezogene Aussagen in Programmen und Plänen im Zeitraum zwischen den Jahren 2000 und 2012 bereits deutlich zugenommen. So finden der Klimawandel sowie Themen des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel im Zusammenhang mit naturschutzfachlichen Fragen inzwischen in der Hälfte der Landschaftsprogramme Erwähnung. Dabei wurde für den Klimaschutz die Berücksichtigung von Flächen mit Speicher- bzw. Senkenfunktion für Kohlenstoff in den Plänen ausgewertet. Demgegenüber lässt die deutliche Mehrzahl der Planwerke Beschreibungen konkreter Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt bislang vermissen. Auf dem Stand des Jahres 2012 werden nur in ca. jedem



Die Landschaftsplanung kann Anpassungsmaßnahmen zum Schutz und zur Entwicklung der biologischen Vielfalt vorbereiten. (Foto: Bosch & Partner GmbH)

zehnten Planwerk einzelne naturschutzfachliche Ziele und Maßnahmen zumindest zum Teil mit dem Klimawandel begründet. Auf Grundlage der vorgenommenen Analysen sind detaillierte Aussagen zur fachlich-inhaltlichen Tiefe der Berücksichtigung des Klimawandels in den Planwerken nicht möglich. Es lässt sich jedoch feststellen, dass die Landschaftsplanung auf Ebene der Länder und Regionen mit Blick auf die Herausforderungen des Klimawandels bislang nur in geringem Umfang zukunftsweisende Aussagen zu konkreten Zielen und Maßnahmen trifft. Die aktuellen Initiativen einzelner Länder lassen erwarten, dass diese bei anstehenden Programm- und Planfortschreibungen die planerischen Steuerungsmöglichkeiten künftig stärker ausgeschöpft werden.

#### Kategorien der Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und -rahmenplänen

- 1 Klimawandel bzw. klimawandelrelevante Flächen (mit Speicher- bzw. Senkenfunktion für Kohlenstoff) werden im Zusammenhang mit naturschutzfachlichen Fragen erwähnt.
- 2 Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt werden beschrieben.
- 3a Einzelne naturschutzfachliche Ziele und Maßnahmen werden u. a. mit dem Klimawandel begründet.
- 3b Einzelne naturschutzfachliche Ziele und Maßnahmen werden ausschließlich oder vorwiegend mit dem Klimawandel begründet.

#### Schnittstellen

RO-R-1: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft

#### Ziele

Vorausschauende Berücksichtigung der Dynamik und Veränderungen in Natur und Landschaft durch den Klimawandel in der Landschaftsplanung (DAS, Kap. 3.2.5)

## Schutzgebiete – Rückzugsräume für Tiere und Pflanzen im Klimawandel

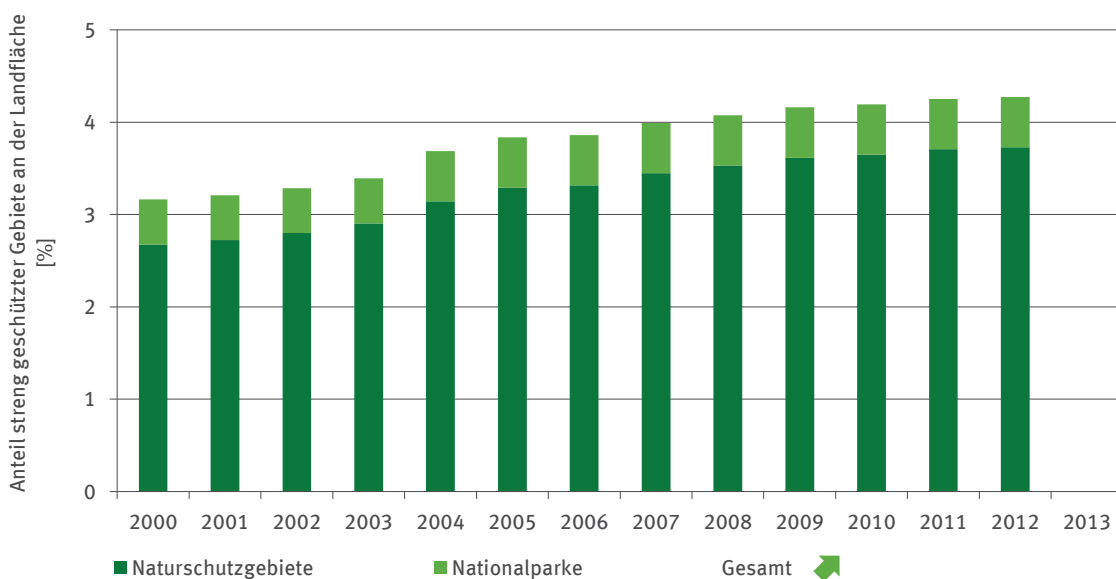
Wildlebende Tiere und Pflanzen und ihre Lebensräume sind in den fast flächendeckend von menschlichen Nutzungen geprägten Landschaften Deutschlands vielfältigen Einflüssen ausgesetzt. Neben den negativen Wirkungen einer fortschreitenden Intensivierung der Landnutzung verursacht der Klimawandel in vielen Fällen zusätzliche Belastungen. Unter diesen Bedingungen gewinnt die Unterschutzstellung naturschutzfachlich wertvoller Gebiete als Rückzugsräume an Bedeutung für den Fortbestand heimischer und oftmals gefährdeter Tier- und Pflanzenpopulationen. Neben der Größe und Qualität von Schutzgebieten spielt vor dem Hintergrund des Klimawandels die räumliche Verteilung und Vernetzung dieser Gebiete eine wichtige Rolle.

In Naturschutzgebieten und Nationalparks gelten strenge Schutzregelungen, um die Erhaltung und Entwicklung seltener und gefährdeter Arten und Biotops

sicherzustellen. Bei Nationalparks spielt zudem die Großräumigkeit eine besondere Rolle. Im überwiegenden Teil eines Nationalparkgebiets soll ein möglichst ungestörter Ablauf natürlicher Vorgänge möglich sein. Der Indikator bilanziert die Gesamtfläche der streng geschützten Gebiete in Deutschland. Dafür wird der prozentuale Anteil der Flächen der Naturschutzgebiete und der Nationalparke an der Landfläche Deutschlands ermittelt. Natura 2000-Gebiete sowie Kern- und Pflegezonen der Biosphärenreservate sind hierin eingeschlossen, falls sie als Naturschutzgebiete oder Nationalparke ausgewiesen wurden. Die Fläche dieser streng geschützten Gebiete hat von 1.129.225 Hektar im Jahr 2000 auf 1.525.501 Hektar im Jahr 2012 signifikant zugenommen. Auf die Landfläche Deutschlands bezogen bedeutet dies eine Steigerung von 3,2 % im Jahr 2000 auf 4,3 % der Fläche im Jahr 2012. Der Anstieg der Fläche streng geschützter Gebiete liegt u. a. in der Umsetzung des Natura 2000-Netzwerkes

### BD-R-2: Gebietsschutz

Naturschutzgebiete und Nationalparke sind als streng geschützte Gebiete wichtige Rückzugsräume, in denen nachteilige Auswirkungen auf Tiere und Pflanzen vermieden oder gemindert werden. Unter diesen Bedingungen schaffen Schutzgebiete günstige Voraussetzungen für die Erhaltung von Arten und Lebensräumen, die durch den Klimawandel besonders gefährdet sind. Der statistisch signifikante Zuwachs streng geschützter Gebiete ist positiv zu bewerten.



Datenquelle: Bundesamt für Naturschutz

begründet. Auch wenn die Unterschutzstellung der gemeldeten Natura 2000-Gebiete in Deutschland noch nicht abgeschlossen ist, wird die Fläche der streng geschützten Gebiete dadurch voraussichtlich nur in einem überschaubaren Umfang zunehmen.

Während die Fläche der Naturschutzgebiete seit dem Jahr 2000 stetig angewachsen ist, vergrößerte sich die Fläche der Nationalparke nur zwischen den Jahren 2003 und 2004 infolge der Gründung der Nationalparke „Eifel“ in Nordrhein-Westfalen und „Kellerwald-Edersee“ in Hessen. Durch die Errichtung der Nationalparke „Schwarzwald“ in Baden-Württemberg (seit 1.1.2014) und „Hunsrück-Hochwald“ in Rheinland-Pfalz und im Saarland (voraussichtlich im Frühjahr 2015) wird sich die Fläche weiter erhöhen.

Die Flächenzunahme der streng geschützten Gebiete ist gerade mit Blick auf die neuen Anforderungen, die sich aus dem Klimawandel für den Arten- und Biotopschutz ergeben, positiv zu bewerten. Die formale Ausweisung eines Schutzgebiets ist allerdings nur ein erster, wenn auch wichtiger Schritt zur Anpassung des Schutzgebietssystems an die mit dem Klimawandel verbundenen Anforderungen. Da vom Klimawandel voraussichtlich besonders gefährdete Lebensräume wie Feuchtgebiete oder auch die Gebirge zu den naturschutzfachlich hochwertigen Gebieten gehören, treffen sich Bestrebungen zu deren Unterschutzstellung mit Zielen der Anpassung an den Klimawandel.

Neben der Unterschutzstellung geeigneter Gebiete in ausreichend großem Umfang bedarf es eines effektiven Managements dieser Gebiete im Sinne der festgelegten Ziele des Naturschutzes. Da die Verordnungen der einzelnen Schutzgebiete stark voneinander abweichen können und die Zahl aller Schutzgebiete in Deutschland sehr groß ist, lassen sich umfassende Aussagen über die Qualität der Gebiete und des Managements bislang nicht treffen. Unklar ist auch, in welchem Umfang bereits Aspekte der Klimawandelanpassung beim Management der Schutzgebiete berücksichtigt werden. Möglicherweise vollziehen sich mit den Klimaveränderungen dynamische Entwicklungen, die eine Anpassung der festgelegten Ziele und des Managements in Schutzgebieten künftig erforderlich machen.

Naturschutzgebiete und Nationalparke sollen auch Teile des nach den Vorgaben des Bundesnaturschutzgesetzes aufzubauenen länderübergreifenden Biotopverbunds sichern. Eine ausreichende Vernetzung von Biotopen ermöglicht einen genetischen Austausch zwischen Populationen. Dieser wiederum ist unabdingbare Voraussetzung



Streng geschützte Rückzugsgebiete gewinnen an Bedeutung, wenn durch den Klimawandel bedingte Stressfaktoren zunehmen. (Foto: Paulwip / pixelio.de)

für die Erhaltung und Entwicklung der Arten. Mit dem Klimawandel gewinnt der Biotopverbund zunehmend an Bedeutung, um die Wanderungs- und Ausbreitungsmöglichkeiten zwischen verschiedenen Vorkommen von Tier- und Pflanzenarten großräumig zu verbessern. Wie im Falle der Ausweitung der Schutzgebietsfläche gilt auch für den Biotopverbund, dass die bundesweiten Bemühungen zur Wiedervernetzung von Lebensräumen Ziele der Anpassung an den Klimawandel unterstützen. Allerdings lässt sich mit Hilfe des Indikators keine Aussage treffen, ob die spezifischen Anforderungen, die sich aus dem Klimawandel ergeben, bei der derzeitigen Planung und Umsetzung des Biotopverbunds ausreichend berücksichtigt sind.

## Ziele

Analyse von Optionen zur Anpassung des bestehenden Schutzgebietssystems an zukünftige Anforderungen durch den Klimawandel (DAS, Kap. 3.2.5)

Berücksichtigung der Erfordernisse des Klimawandels bei der Erstellung bzw. der Überarbeitung der Pflege- und Entwicklungspläne sowie Managementpläne für Schutzgebiete (DAS, Kap. 3.2.5)

Bis 2010 soll Deutschland auf 10 % der Landesfläche über ein repräsentatives und funktionsfähiges System vernetzter Biotope verfügen. (NBS, Kap. B 1.1.3)

Bis 2020 soll sich die Natur auf 2 % der Fläche Deutschlands wieder ungestört entwickeln können. (NBS, Kap. B 1.3.1)



# Landwirtschaft

Seit jeher reagieren Landwirte auf sich verändernde Klima- und Witterungsbedingungen. Ihre Möglichkeiten, sich an den Klimawandel anzupassen, sind vergleichsweise breit gefächert. Vor allem bei einjährigen Kulturen lassen sich Anpassungsentscheidungen auch kurzfristig treffen. Anspruchsvoller ist es dagegen in Betrieben, die Dauerkulturen bewirtschaften oder in der Tierproduktion tätig sind, denn hier sind längerfristig wirksame Investitionsentscheidungen erforderlich.

Für die Landwirtschaft sind die möglichen Auswirkungen des Klimawandels differenziert zu beurteilen. Auf der einen Seite werden extrem trockene und heiße Witterungsperioden, Starkregenereignisse oder auch Hagelschläge nachteilige Folgen für die Produktion haben. Auf der anderen Seite steigern ein moderater Temperaturanstieg und eine verlängerte Vegetationsperiode bei ausreichender Wasserversorgung das Ertragspotenzial. Außerdem können sich Bedingungen einstellen, die auch den Anbau von bisher nicht in unseren Breiten kultivierbaren Fruchtarten ermöglichen. Die Auswirkungen stellen sich in Abhängigkeit der jeweiligen Anbauswerpunkte, der naturräumlichen Voraussetzungen und der sich tatsächlich vor Ort vollziehenden Klimaveränderungen allerdings regional sehr unterschiedlich dar. Daher sind bundesweite Durchschnittswerte stets mit Sorgfalt zu interpretieren.

Neben der Pflanzenproduktion ist auch die Tierproduktion vom Klimawandel betroffen. Diskutiert werden Einbußen in der Fleisch-, Eier- und Milchproduktion infolge von Hitzewellen, erhöhte Risiken bei Tiertransporten und Beeinträchtigungen der Tiergesundheit. Wenn Tiere unter Hitzestress geraten, kann es zu einer Abnahme der Fruchtbarkeit oder zu Beeinträchtigungen der Eutergesundheit kommen, und wie der Mensch können auch Tiere von Infektionskrankheiten betroffen sein, die von wärmeliebenden Krankheitserregern übertragen werden. Bundesweit lassen sich die Auswirkungen des Klimawandels auf die Tierproduktion allerdings derzeit nicht darstellen, da die hierfür erforderlichen Daten nicht bundesweit verfügbar sind.

## Auswirkungen des Klimawandels

Verschiebung agrarphänologischer Phasen (LW-I-1) .....	102
Ertragsschwankungen (LW-I-2).....	104
Qualität von Ernteprodukten (LW-I-3) .....	106
Hagelschäden in der Landwirtschaft (LW-I-4) .....	108
Schaderregerbefall (LW-I-5).....	110

## Anpassungen

Anpassung von Bewirtschaftungs- rhythmen (LW-R-1) .....	112
Anbau und Vermehrung wärmeliebender Ackerkulturen (LW-R-2) .....	114
Anpassung des Sortenspektrums (LW-R-3), Maissorten nach Reifegruppen (LW-R-4).....	116
Pflanzenschutzmittel-Anwendung (LW-R-5) .....	118
Landwirtschaftliche Beregnung (LW-R-6).....	120

## Neue Herausforderungen durch veränderte jahreszeitliche Witterungsverläufe

Die landwirtschaftliche Nutzung ist wie kaum eine andere Nutzung in die natürlichen jahreszeitlichen Rhythmen eingebunden. Die Landwirte müssen mit der Bewirtschaftung der jeweiligen Kulturen auf die jährlich wechselnden Witterungsbedingungen und die jeweils aktuellen Wetterverhältnisse reagieren. Witterungsveränderungen können sich sowohl positiv als auch negativ auf die Kulturen auswirken. So wirken sich höhere Wärmesummen bei ausreichender Wasserversorgung positiv auf das Wachstum bestimmter Kulturarten aus. Zu hohe Temperaturen oder Trockenheit wiederum können Ertrags- oder Qualitätseinbußen u. a. durch ein zu frühes Abreifen von Getreide zur Folge haben.

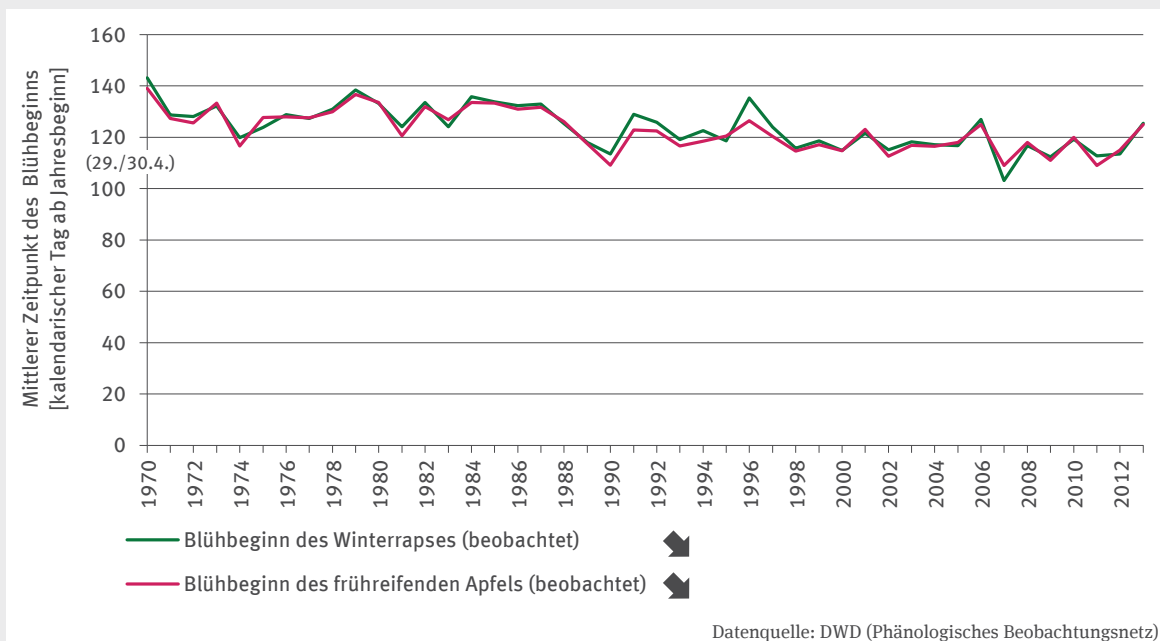
Der Klimawandel hat Auswirkungen auf den jahreszeitlichen Witterungsverlauf und dies wiederum beeinflusst den jahreszeitlichen Entwicklungsgang landwirtschaftlicher Kulturen. Für das Frühjahr werden steigende

Temperaturen erwartet, die Sommer sollen trockener und heißer, die Winter wärmer und feuchter werden. Vereinfachte Rückschlüsse auf die Höhe, Qualität und Stabilität von Erträgen lassen sich daraus nicht ziehen, denn je nach landwirtschaftlicher Kultur und Fruchtfolge können die Auswirkungen der klimatischen Veränderungen unterschiedlich sein. Vor allem gibt es auch große regionale Unterschiede.

Die Veränderung natürlicher jahreszeitlicher Rhythmen und die damit verbundenen zeitlichen Verschiebungen in der Entwicklung von Pflanzen werden seit vielen Jahren anhand sogenannter phänologischer Beobachtungen dokumentiert. Erfasst wird dabei bundesweit das Eintreten bestimmter periodisch wiederkehrender biologischer Erscheinungen wie Blatt- und Knospenaustrieb, Blüte, Fruchtreife oder Blattfall. Das phänologische Beobachtungsnetz des Deutschen Wetterdienstes schließt neben

### LW-I-1: Verschiebung agrarphänologischer Phasen

Veränderungen des jahreszeitlichen Witterungsverlaufs bringen neue Herausforderungen für die landwirtschaftliche Bewirtschaftungsplanung. Apfel und Winterraps blühen aufgrund der höheren Wärmesummen im Frühjahr immer früher.



Wildpflanzen auch landwirtschaftliche Kulturen und Bewirtschaftungsgänge ein und gibt damit Hinweise auf die Folgen für die landwirtschaftliche Bewirtschaftung, denn mit den Veränderungen der jahreszeitlichen Witterungsverläufe stellen sich neue Herausforderungen für die Landwirte. Sie müssen die Wahl der Fruchtart und -sorte, die Fruchtfolgen und die Terminierung der Bewirtschaftungsgänge auf die neuen Verhältnisse abstimmen.

Der Beginn der Blüte von Apfel und Winterraps markiert in Deutschland den Frühlingsbeginn. Beide Blühzeitpunkte sind unabhängig von vorherigen Einflüssen der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung wie beispielsweise dem Zeitpunkt der Aussaat. Äpfel sind Dauerkulturen, und der Winterraps wird bereits im Vorjahr, spätestens Anfang September, gesät. Der Blühzeitpunkt steht daher in unmittelbarem Zusammenhang mit klimatischen Faktoren, vor allem den Wärmesummen, die in den ersten Monaten des neuen Jahres erzielt werden.

Je nach Witterungsverlauf schwanken die Zeitpunkte des Blühbeginns von Apfel und Winterraps von Jahr zu Jahr teilweise erheblich. Die Unterschiede zwischen den Jahren können bis zu drei Wochen betragen. Über die letzten mehr als vierzig Jahre betrachtet zeigt sich aber bei beiden Kulturen ein signifikanter Trend zu einem früheren Blühbeginn. Im Vergleich zu den 1970er Jahren blühen heute Apfel und Winterraps rund zwanzig Tage früher. Im Obstbau kann die frühe Blüte das Risiko von Spätfrostschäden erhöhen. Vielerorts reagieren die Obstbauern bereits auf diese Entwicklung und führen vermehrt Frostschutzberegnungen durch, bei denen die Pflanzen gezielt mit sehr feinen Wassertröpfchen besprüht werden. Beim Gefrieren des Wassers wird Kristallisationswärme freigesetzt, die Blätter und Blüten vor Frostschäden schützt.

Beim Winterraps dagegen kann die frühe Blüte mit Vorteilen für das Schaderregermanagement und die Fruchtfolge verbunden sein. Die Landwirte bevorzugen aus diesem Grunde auch zunehmend frühblühende Winterrapsorten. Da bei den phänologischen Beobachtungen aber die jeweilige Sorte nicht berücksichtigt werden kann, schlagen sich die Effekte von Sortenveränderungen auch in den bei den phänologischen Beobachtungen erfassten Blühzeitpunkten nieder. Der Vergleich mit dem Verlauf beim Apfel, bei dem eine frühere Blüte nicht Züchtungsziel ist, macht jedoch deutlich, dass die Witterungseinflüsse auf die Verfrühung der Blüte erheblich sind.



Eine frühere Apfelblüte erhöht das Risiko von Spätfrostschäden. Obstbauern führen zum Schutz zunehmend Frostschutzberegnungen durch. (Foto: goshiva / fotolia.com)

## Schnittstellen

LW-R-1: Anpassung von Bewirtschaftungsrhythmen  
 LW-R-6: Landwirtschaftliche Beregnung  
 BD-I-1: Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten

## Stärkere Ertragsschwankungen erhöhen das Produktionsrisiko

Die Witterungsbedingungen gehören zu den wichtigsten produktionsbestimmenden Größen in der Landwirtschaft. Eine verlängerte Vegetationsperiode und höhere Temperatursummen können die Erträge steigern. Hinzu kommt, dass die höheren CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atmosphäre, die letztendlich für den Treibhauseffekt verantwortlich sind, die Photosynthese und das Pflanzenwachstum stimulieren können. Allerdings bringt der Klimawandel u. a. durch Trockenstress oder Extremereignisse wie Stürme, Starkregen, Hagel und Überschwemmungen auch zunehmende Risiken von Ertragseinbußen mit sich.

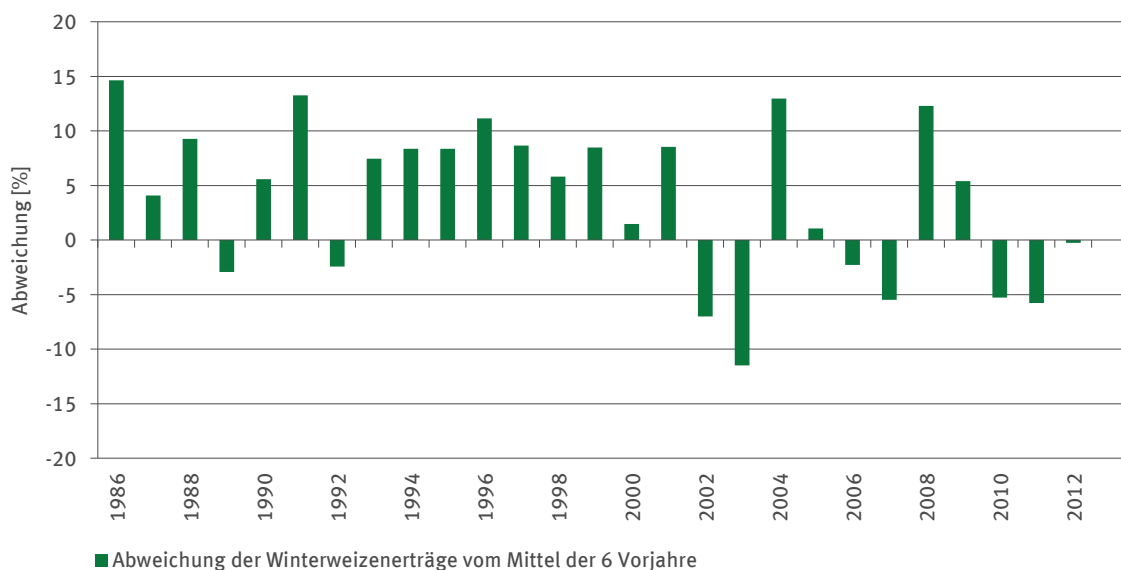
Der züchterische und technische Fortschritt haben in den letzten fünfzig Jahren die landwirtschaftlichen Erträge bei den wichtigen Kulturarten in Deutschland ansteigen lassen. Die Züchtung brachte neue Sorten mit verbesserten Eigenschaften hinsichtlich Ertragshöhe und

-stabilität, Qualität, Ressourceneffizienz, Stresstoleranz und Krankheitsresistenz hervor. Auch bei den Aussaat-, Pflege- und Erntetechniken sowie bei der Düngung und beim Pflanzenschutz gab es Verbesserungen. Allerdings ist die Ertragshöhe darüber hinaus noch von zahlreichen anderen Faktoren abhängig.

Die Ertragsstagnation, die beim Weizen in den letzten Jahren in der landwirtschaftlichen Praxis festzustellen war, hat komplexe Ursachen, die noch genauer untersucht werden müssen. Neben den bereits erwähnten Faktoren können hierfür auch der Anbau auf ertragsärmeren Standorten sowie engere Fruchtfolgen eine Ursache sein. In der Landwirtschaft ist es wichtig, Betriebsmanagement und Betriebsmitteleinsatz zu optimieren. In welchem Umfang ertragssteigernde Maßnahmen ergriffen werden, hängt immer auch stark von den erzielbaren Produktpreisen ab. Je höher das Preisniveau, desto eher kann sich

### LW-I-2: Ertragsschwankungen

Ertragsschwankungen zwischen den Jahren lassen sich unmittelbarer mit Veränderungen des Witterungsgeschehens in Zusammenhang bringen als langfristige Ertragstrends. Nimmt die Ertragsvariabilität zu, bedeutet dies ein steigendes Produktionsrisiko für die Landwirte. Extremjahre führen zu ausgeprägten Wechseln zwischen positiven und negativen Abweichungen der Erträge von den Vorjahren.



Datenquelle: BMEL (Ernte- und Betriebsberichterstattung sowie Besondere Ernte- und Qualitätsermittlung)



der Einsatz ertragssteigernder oder ertragssichernder Betriebsmittel wie u. a. mineralischer Düngemittel und Pflanzenschutzmittel lohnen.

Derzeit lässt sich noch schwer abschätzen, in welchem Ausmaß der Klimawandel die Ertragshöhe hierzulande beeinflusst. Einerseits wird diskutiert, dass zumindest regional die klimatischen Grenzen für eine weitere Ertragssteigerung erreicht werden könnten. Andererseits geht man davon aus, dass die Landwirtschaft mit den langfristigen Klimatrends zurecht kommen kann, denn vor allem beim Anbau einjähriger Kulturen gibt es viele Möglichkeiten, mit der Wahl von Fruchtarten und Sorten, der Fruchtfolge und der Bewirtschaftungsplanung auf die veränderten Rahmenbedingungen zu reagieren.

Größere Herausforderungen werden voraussichtlich mit den zunehmenden Wetter- oder Witterungsschwankungen zwischen den Jahren verbunden sein, auf die sich die Landwirte weniger gut einstellen können. Witterungsextreme wie lange Trockenperioden können zu unvorhersehbaren Ertragseinbrüchen führen. Im Trockenjahr 2003 beispielsweise lag der Weizenertag im Bundesdurchschnitt 12 bis 13 % unter dem erwarteten Trendertrag des Jahres.

In zwischenjährlichen Ertragsschwankungen werden sich daher die Folgen des Klimawandels deutlicher niederschlagen als in den langjährigen Ertragstrends, die Ausdruck längerfristig geplanter Anpassungsprozesse nicht nur an den Klimawandel, sondern auch an die Marktbedingungen sind. Die Ertragsschwankungen lassen sich über die Abweichung des Jahresertrags vom durchschnittlichen Ertrag der jeweils sechs vorangegangenen Jahre abbilden. Mit zunehmender Ertragsvariabilität erhöht sich das Produktionsrisiko für die Landwirte, da diese bei der Kalkulation u. a. der einzusetzenden Betriebsmittel mit bestimmten Ertragshöhen rechnen.

Betrachtet man für den Winterweizen, die derzeit wichtigste Kulturart in Deutschland, die Abweichung des Jahresertrags vom durchschnittlichen Ertrag der jeweils vorangegangenen sechs Jahre im Zeitverlauf, wird deutlich, dass es in den zurückliegenden Jahren ein starkes Auf und Ab der Erträge gegeben hat. Die Zahlen sind allerdings in der vergleichsweise kurzen Zeitreihe behutsam zu interpretieren. Die starken Ausschläge sind deutlich von Extremjahren geprägt, sodass von einem generell gültigen Trend noch nicht gesprochen werden kann. Neben der starken Frühsommerdürre im Jahr 2003 gab es bereits im Jahr 2002 vor allem in Nord- und Ostdeutschland deutliche Ertragseinbußen infolge von Starkregen in Verbindung mit Hochwasserschäden.



Je nach Witterungsbedingungen können die Erträge in den Jahren sehr unterschiedlich ausfallen.  
(Foto: Gina Sanders / fotolia.com)

Da diese beiden Erntejahre auch den sechsjährigen Mittelwert stark prägen, fällt das Ertragsplus im Folgejahr 2004 umso deutlicher aus.

Zu berücksichtigen ist auch, dass es innerhalb Deutschlands erwartungsgemäß deutliche regionale Unterschiede gibt. Vor allem im Osten Deutschlands, wo in großem Umfang leichte sandige Böden bewirtschaftet werden, die auf Niederschlagsextreme besonders schnell und stark reagieren, fielen die zwischenjährlichen Ertragsschwankungen stärker aus als beispielsweise im mittleren westlichen Teil Deutschlands (Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland), wo die Erträge in den eher feuchten und kühlen Mittelgebirgsregionen stabiler waren.

## Schnittstellen

LW-I-3: Qualität von Ernteprodukten

LW-I-4: Hagelschäden in der Landwirtschaft

## Qualität von Ernteprodukten ist witterungsabhängig

Neben dem Einfluss des Klimawandels auf die Höhe und Stabilität von Ernteerträgen landwirtschaftlicher Produkte richtet sich das Augenmerk auch zunehmend auf die Qualität von Ernteprodukten. Veränderte Niederschlagsmuster und der Temperaturanstieg können Einfluss auf die Gehalte und Zusammensetzung von Inhaltsstoffen nehmen, die wichtige Qualitätsparameter sind.

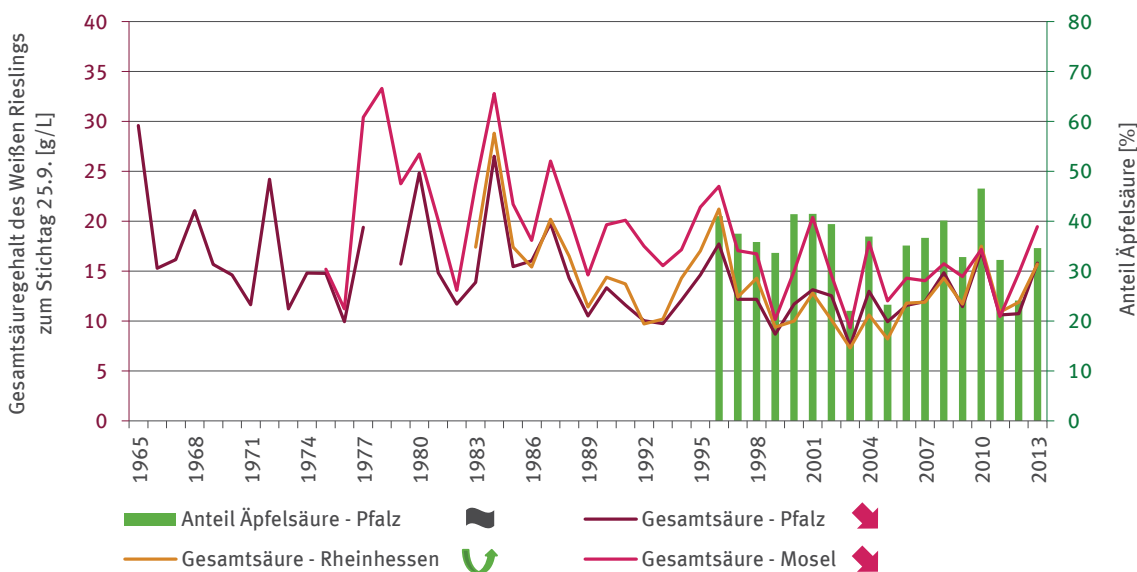
Bei kaum einem anderen Nahrungs- und Genussmittel wird die Qualität des Produkts stärker diskutiert als beim Wein. Für die Winzer sind die Auswirkungen des Klimawandels ein wichtiges Thema, denn viele qualitätsbestimmende Inhaltsstoffe der Trauben stehen im Zusammenhang mit Temperaturen und Lichtverhältnissen. Neben dem Zuckergehalt, d. h. den Oechslegraden, die den möglichen Alkoholgehalt des Weins bestimmen, sind die Säuren und die Vorstufen der Aromastoffe wichtige Qualitätsparameter, wobei sich diese nicht immer eindeutig im Sinne einer besseren oder schlechteren Qualität bewerten lassen. So treffen beispielsweise steigende

Alkoholgehalte nicht zwangsläufig die Nachfrage am Markt. Aktuell werden bei den Weißweinen eher Weine mit möglichst moderatem Alkoholgehalt nachgefragt. Schon heute zeigt sich aber, dass die Alkoholgehalte bei den Weißweinen in der Tendenz zu hoch werden.

Der Säuregehalt und die Zusammensetzung der Säuren haben einen großen Einfluss auf den Charakter der Weine. Die Säure verleiht dem Wein Struktur und im Idealfall einen frischen, meist fruchtigen Geschmackseindruck. Weine mit zu niedrigem Säureanteil werden meist als flach und uninteressant empfunden. An extrem heißen Tagen bzw. bei besonders hohen Nachttemperaturen kommt es zu einem raschen Abbau der Säure und einer Veränderung des Zucker-Säure-Verhältnisses im Wein, was sich im Gesamtsäuregehalt des Weins ausdrückt. Wichtige Charaktereigenschaften von Weinen werden außerdem durch das Verhältnis von Wein- und Äpfelsäure bestimmt, die rund 90 % des Gesamtsäuregehalts eines Weinmostes ausmachen. Zu Reifebeginn sind die

### LW-I-3: Qualität von Ernteprodukten

Beim Wein spielen Qualitätsparameter eine herausragende Rolle. Temperaturen, Niederschlags- und Lichtverhältnisse nehmen erheblichen Einfluss auf die Qualität des jeweiligen Jahrgangs. Beim Weißen Riesling sind die Säuregehalte in Jahren mit besonders hohen Temperaturen während der Reifezeit reduziert. Solche eher säurearmen Rieslingweine werden als wenig charakterstark bewertet.



Datenquelle: Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinland-Pfalz (Amtliche Reifemessung in Rheinland-Pfalz)

Gehalte der Weinsäure i. d. R. deutlich niedriger als die der Äpfelsäure. Mit der Reife vollzieht sich die Zuckereinlagerung in den Beeren, und der Säuregehalt nimmt deutlich ab. Während die Abnahme der Weinsäure in der Reifephase relativ gering ausfällt, ist die der Äpfelsäure wesentlich stärker und temperaturabhängig: Je höher die Temperatur, desto stärker der Abbau. Zur Zeit der Lese kann je nach Witterungsverhältnissen im Jahr der Gehalt an Apfel- und Weinsäure daher stark schwanken.

Die Einflüsse von Witterungsveränderungen auf die Weinqualität lassen sich am Beispiel des Weißen Rieslings abbilden. Er ist die Weißwein-Leitsorte in Deutschland und nimmt mehr als ein Drittel der gesamten mit Weißweinrebsorten bestockten Rebfläche ein. Keine andere Weißweinrebsorte wird in Deutschland auch nur annähernd so großflächig angebaut. Die drei flächenmäßig bedeutsamsten Rieslinganbaugebiete in Deutschland sind die Pfalz, die Mosel und Rheinhessen. Sie bilden zusammen rund 65 % der Rieslinganbaufläche in Deutschland.

Die langjährigen Daten zeigen, dass die Gesamtsäuregehalte starken Schwankungen unterworfen sind. Seit Beginn der Aufzeichnungen lässt sich aber für die Pfalz und die Mosel ein signifikanter Trend zu rückläufigen Säuregehalten beobachten. Im Anbaugebiet Rheinhessen ist nach 2003 wieder ein Anstieg der Werte zu verzeichnen. Für die Äpfelsäuregehalte, zu denen nur aus der Pfalz Messungen vorliegen, zeichnet sich bislang kein klarer Trend ab. In Jahren mit niedrigen Gesamtsäuregehalten sind erwartungsgemäß auch die Äpfelsäuregehalte niedriger. Besonders deutlich war dies im Jahr 2003. Aber auch in 2005 und 2012 waren die Anteile der Äpfelsäure gering. Grund ist, dass zum einen aufgrund des warmen Herbstes in den beiden Jahren die Äpfelsäure zum Zeitpunkt der späten Lese schon stark abgebaut war, es sich zum anderen aber um Jahre mit einer guten Wasserversorgung handelte, weshalb die Weinsäuregehalte vergleichsweise hoch waren.

Ähnliche Einflüsse veränderter Klima- und Witterungsbedingungen auf die Qualität von Ernteprodukten werden inzwischen auch beim Weizen diskutiert. Hier prägen die Inhaltsstoffe und ihre Zusammensetzung stark die Backeigenschaften und die Verwertbarkeit von Weizenmehl und Weizenschrot. Große Hitze während der Kornfüllungsphase Ende Mai bis Anfang Juli, eine witterungsbedingt verzögerte Ernte und generell schnelle Temperaturwechsel können beispielsweise nachteilige Auswirkungen auf die Stärkebeschaffenheit und die Backfähigkeit des Weizens haben. Ebenso kann sich große Hitze negativ auf die kleberbildenden Eiweiße



Der Weiße Riesling ist eine geschätzte Weinrebe. Seine Qualität könnte unter dem Klimawandel leiden.  
(Foto: Gerd Götz - Riesling Botrytis / [www.greencommons.de](http://www.greencommons.de)  
CC BY-NC-SA 3.0 DE)

auswirken. Generell sind allerdings die Zusammenhänge zwischen dem Klimawandel und zahlreichen Qualitätsmerkmalen noch unklar, da Witterungsextreme nicht nur eine qualitätsbegrenzende, sondern auch eine qualitätsfördernde Wirkung auf Brotgetreide ausüben können.

## Ertragsausfälle durch Extremwetterereignisse

Infolge von Wetterextremen sind in der deutschen Pflanzenproduktion in den letzten 15 Jahren durchschnittliche jährliche Ertragsausfälle von ca. 470 Millionen Euro entstanden. Mehr als die Hälfte aller Schäden waren durch Trockenheit und Dürre verursacht, rund ein Fünftel durch Hagel und ein Sechstel durch Sturm, Starkregen und Überschwemmung. Auch Fröste haben Schäden hinterlassen. Nehmen Extremereignisse infolge des Klimawandels zu, wird auch die Landwirtschaft vermehrt von Ernteschäden oder -ausfällen betroffen sein. Die genauen Zusammenhänge von Klimaveränderungen, vermehrtem Auftreten von Extremwetterereignissen und der Zunahme von Schäden in der Landwirtschaft sind zwar noch nicht abschließend geklärt, sie sind aber Gegenstand intensiver Forschung.

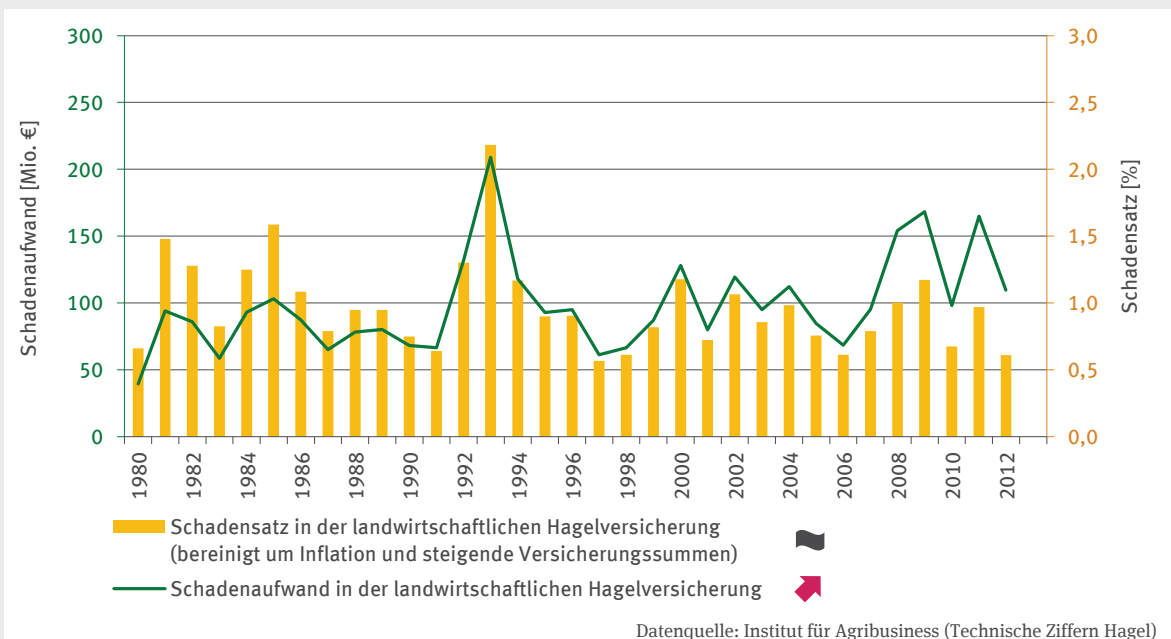
Für die deutschen Landwirte sind die Möglichkeiten, sich gegen Ernteauffälle infolge von Extremwetterereignissen zu versichern, bislang noch sehr eingeschränkt. Daher handelt es sich bei Angaben zu witterungsbedingten

Ertragsausfällen i. d. R. um Näherungswerte. Eine Ausnahme sind Hagelschäden, denn die Absicherung gegen Hagel ist in der Landwirtschaft vergleichsweise weit verbreitet. Über 60 % der Anbaufläche sind versichert. Über die Meldungen der Hagelversicherer zu den Aufwendungen für auftretende Versicherungsfälle lassen sich damit zumindest für einen Teil der Schäden Aussagen treffen. Zu allen anderen Schäden, die die Landwirte selbst tragen oder für die sie fallweise Gelder aus Hilfsprogrammen erhalten, gibt es keine gesicherten Datengrundlagen.

Der Schadenaufwand, d. h. die Bruttoaufwendungen für auftretende Versicherungsfälle, ist seit 1980 signifikant angestiegen. Dies ist allerdings nicht allein Folge vermehrter Schadensereignisse, sondern auch Ergebnis steigender Versicherungssummen. Der Markt für die landwirtschaftliche Hagelversicherung gilt in Deutschland auch heute noch nicht als gesättigt. Vor allem die neuen EU-weit geltenden Regelungen für staatliche Beihilfen im Agrar- und Forstsektor lassen für die nächsten Jahre eine Ausweitung

### LW-I-4: Hagelschäden in der Landwirtschaft

Extremwetterereignisse wie Dürre, Hagel, Sturm, Starkregen, Überschwemmung, Frost und Auswinterung können Ertragseinbußen in der Landwirtschaft zur Folge haben. Versichert sind i. d. R. aber nur Hagelschäden. Der zunehmende Schadenaufwand ist wesentlich durch steigende Versicherungssummen verursacht. Der Schadensatz erlaubt direktere Rückschlüsse auf Hagelereignisse. Er zeigt bisher keinen eindeutigen Trend.



des Versicherungsschutzes erwarten, denn sie werden die staatlichen Hilfen für landwirtschaftliche Betriebe bei Naturkatastrophen stark einschränken und zu erheblichen Kürzungen für Landwirte führen, die keinen adäquaten Versicherungsschutz abgeschlossen haben. Im Gegensatz zum Schadenaufwand ist der Schadensatz in der landwirtschaftlichen Hagelversicherung um die Effekte steigender Versicherungssummen und der Inflation bereinigt. Er lässt daher direktere Rückschlüsse auf die Schadentreiber, sprich Hagelereignisse, zu. Für den Schadensatz zeichnet sich bisher kein klarer Trend ab.

Das Jahr 1993 war das im Beobachtungszeitraum hagelreichste Jahr. Auch in den Jahren 1994 und 2000 kam es bundesweit zu erheblichen Schäden. Im Jahr 2002 führten schwere Hagelunwetter vor allem im Südwesten und Osten Deutschlands vielerorts zu Totalschäden, 2009 waren der Norden und Süden zwischen Ende April und Mitte August von einer gewaltigen Abfolge von Unwettern überdurchschnittlich stark betroffen.

Die Hagelversicherung ersetzt den Landwirten den konkreten Ernteausfall, allerdings nicht die damit verbundenen Folgewirkungen für den Gesamtbetrieb. Der Verlust der Marktpräsenz in einem Hageljahr, die mangelnde Auslastung vorhandener betrieblicher Infrastruktur oder auch ein erhöhter Ernte- und Sortieraufwand sind durch die Versicherung nicht gedeckt. Auch aus diesem Grunde betrachten viele Landwirte den Abschluss einer Hagelversicherung nicht als alleinige Option. Insbesondere im Obstbau wird zunehmend mit Hagelschutznetzen gearbeitet, um Ernteschäden vorzubeugen.



Hagelschäden können mit erheblichen Ertragsausfällen verbunden sein. (Foto: HHSOW / pixelio.de)

## Schnittstellen

LW-I-2: Ertragsschwankungen

FiW-I-1: Schadenaufwand und Schadensatz in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung

## Schädlingsdruck könnte steigen

Mit dem Klimawandel verändern sich nicht nur die Bedingungen für die landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, sondern auch für Schaderreger und Pflanzenkrankheiten. Wärmere Witterung und die Verlängerung der Vegetationsperiode bieten einigen Schaderregern günstigere Ausbreitungsbedingungen und ermöglichen, dass sich mehr Generationen im Jahr ausbilden können. Andere Schaderreger dagegen, die zum Beispiel auf längere Feuchteperioden angewiesen sind, könnten zurückgehen. Bedingt durch den Klimawandel ist in den nächsten Jahren daher mit Verschiebungen im Artenspektrum von Pflanzenschädlingen in der Landwirtschaft zu rechnen. Schäden durch Pilzkrankheiten werden – mit Ausnahme von Krankheiten, die durch wärmeliebende Pilzarten wie beispielsweise den Mehltau ausgelöst werden – in vielen Bereichen voraussichtlich abnehmen. Die Bedeutung verschiedener Ungräser und Unkräuter, tierischer Schädlinge und nichtparasitärer Krankheiten könnte dagegen eher zunehmen. Ferner profitieren Insekten grundsätzlich von wärmeren Temperaturen. Neue Risiken

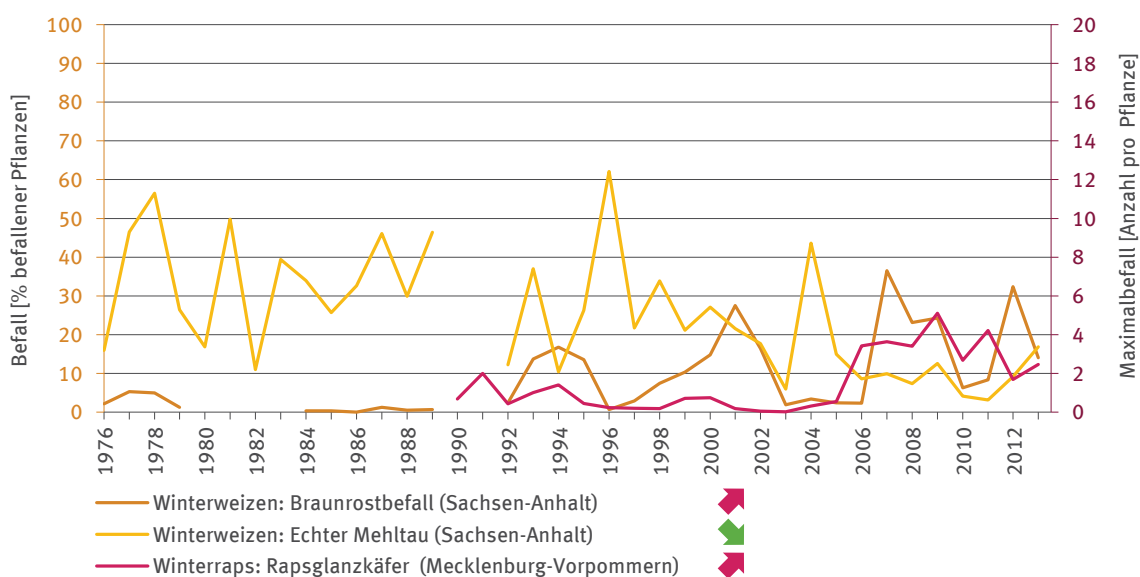
sind von Schaderregern zu erwarten, die bisher nicht in unseren Breiten vorkamen und sich nach ihrer Einschleppung unter den veränderten klimatischen Rahmenbedingungen ausbreiten und etablieren können.

Auf eine Zu- oder Abnahme des Schaderregerbefalls insgesamt lassen die bisherigen Beobachtungen aber nicht schließen. Im Einzelnen lassen sich die Entwicklungen noch nicht prognostizieren. Klar ist jedoch, dass viele Schaderreger sehr empfindlich und spontan auf veränderte Witterungsverhältnisse reagieren können und dem Landwirt damit rasche und flexible Reaktionen auf die akute Schaderregerproblematik abverlangt werden.

Welche Schaderreger sich in besonders starker Abhängigkeit von Witterungs- bzw. Klimaveränderungen entwickeln, ist bisher noch nicht umfassend untersucht worden. Erst systematische Auswertungen von Befallsdaten eines breiten Spektrums unterschiedlicher Schaderreger werden hier Klarheit bringen. Beim Braunrost (*Puccinia*

### LW-I-5: Schaderregerbefall – Fallstudie

Im Falle des Braunrosts, Echten Mehltaus und Rapsglänzkäfers wird davon ausgegangen, dass der Klimawandel mit wärmeren Wintern und einem trockeneren und wärmeren Frühjahr den Befall fördert. Dennoch verläuft die Schaderregerentwicklung sehr spezifisch. Generalisierende Aussagen zum Einfluss des Klimawandels auf die Befallsituation sind auf der derzeitigen Datengrundlage noch nicht möglich.



Datenquelle: Julius Kühn-Institut (Auswertungen von Befallsdaten der Länder)

*triticina*) und Echten Mehltau (*Erysiphe graminis*) an Weizen, Gerste und Triticale, einer Kreuzung aus Weizen und Roggen, sowie beim Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus*) kann nach derzeitigem Wissensstand davon ausgegangen werden, dass der Klimawandel mit wärmeren Wintern und einem trockeneren und wärmeren Frühjahr die Entwicklung bzw. die Massenvermehrung fördert. Langjährige Datenreihen zum Befall liegen aber bundesweit noch nicht vor, lediglich aus einzelnen Bundesländern sind die Daten inzwischen aufbereitet worden. Beim Braunrost in Sachsen-Anhalt und beim Rapsglanzkäfer in Mecklenburg-Vorpommern zeichnet sich in der Tendenz eine zunehmende Relevanz ab. Beim Echten Mehltau, zu dem ebenfalls Daten aus Sachsen-Anhalt vorliegen, gibt es seit den 1970er Jahren zwar immer wieder Jahre mit einem hohen Befallsniveau. Über die gesamte darstellbare Zeitreihe ergibt sich aber ein signifikanter Rückgang. Die Daten machen auch deutlich, dass der Befall mit dem jeweiligen Schaderreger in den einzelnen Jahren sehr unterschiedlich stark sein kann. Die eine, den Schaderregerbefall generell fördernde Witterungskonstellation gibt es nicht.

Repräsentative Aussagen zur Entwicklung der Schaderregerproblematik sind auf der Grundlage der Daten zu Braunrost, Mehltau und Rapsglanzkäfer aus Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern derzeit noch nicht möglich. Erwartungsgemäß wird es große Unterschiede im Infektionsrisiko und Befall sowohl zwischen den unterschiedlichen Schaderregern als auch zwischen den Regionen und Jahren geben. Da die Züchtung bei der Entwicklung von Pflanzensorten verstärkt auf Resistenzbildung gegenüber Schaderregern hin ausgerichtet ist, ist das Schaderregerauftreten zumindest bei einigen Fruchtarten auch stark von den jeweils angebauten Sorten abhängig. Auch die Intensität des Einsatzes von Pflanzenschutzmaßnahmen ist in den Kulturen sehr unterschiedlich.

Das für den Pflanzenschutz auf Bundesebene zuständige Julius-Kühn-Institut führt derzeit Analysen zur Klima- und Witterungsabhängigkeit des Schaderregerbefalls durch. Auf der Grundlage dieser Arbeiten werden in Zukunft voraussichtlich umfassendere und repräsentativere Aussagen zur Entwicklung des Schaderregerbefalls möglich sein.



Der Befall mit Braunrost könnte als Folge des Klimawandels zunehmen. (Foto: Astrid Oldenburg / agrofotodesign.de)

## Schnittstellen

LW-R-5: Pflanzenschutzmittel-Anwendung

## Ziele

Vermindern der Neueinschleppungen von Schadorganismen, effiziente Bekämpfung neuer Schadorganismen, Prioritätensetzung bei einer Bekämpfung je nach Risikopotenzial (u. a. schnelle Risikoanalysen und Entscheidungen), effiziente Monitoringsysteme für bestimmte Schadorganismen (Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln 2013, Kap. 5.2.4)

## Anpassung der Bewirtschaftungsplanung

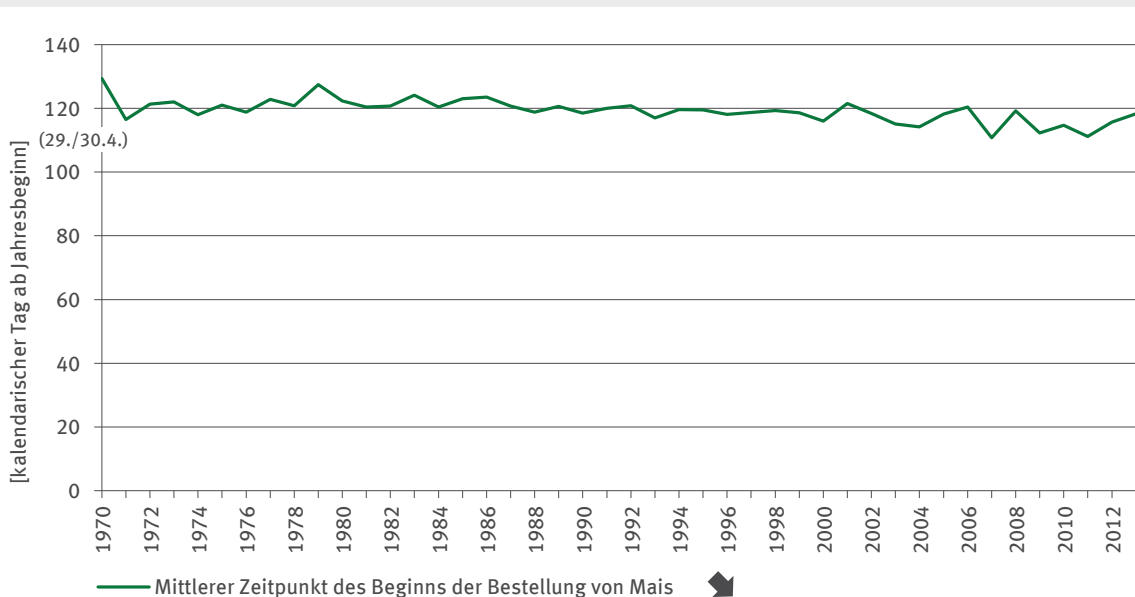
Mit den sich im Zuge des Klimawandels vollziehenden Veränderungen jahreszeitlicher Witterungsverläufe müssen die Landwirte ihre Bewirtschaftungsplanung umstellen. Sie müssen die günstigsten Zeitpunkte für Bestellung, Aussaat und Ernte sowie für die Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in jedem Jahr neu ermitteln. Die Witterungsverhältnisse spielen dabei sowohl direkt als auch indirekt eine entscheidende, wenn auch keine alleinige Rolle für die Terminierung der einzelnen Bewirtschaftungsgänge. Direkten Einfluss nimmt die Witterung insofern, als beispielsweise der günstigste Zeitpunkt für die Bodenbearbeitung stark von der Bodenfeuchte abhängig ist, oder im Frühjahr die Aussaat bestimmter Kulturpflanzen wie Mais erst bei Erreichen bestimmter Bodentemperaturen erfolgen kann. Indirekte Einflüsse veränderter Witterungsverhältnisse werden wirksam, indem die Landwirte mit ihrer Kulturpflanzen- und Sortenwahl bzw. der Fruchtfolge auf die sich verändernden klimatischen Rahmenbedingungen reagieren.

Für die Landwirte stellen diese Anpassungen keine grundsätzlich neuen Herausforderungen dar, da sie mit der Durchführung von Bewirtschaftungsgängen schon immer auf die Jahreszeiten und phänologischen Entwicklungsphasen ihrer Kulturen reagiert haben. Möglicherweise nehmen aber unvorhersehbare Wetter- oder Witterungssituationen zu.

Das bundesweite phänologische Beobachtungsnetz des Deutschen Wetterdienstes erfasst neben den zeitlichen Veränderungen der Entwicklung von Pflanzen auch die der Durchführung von Bewirtschaftungsgängen in landwirtschaftlichen Kulturen. Je nach betrachtetem Bewirtschaftungsgang sind die Einflüsse auf die Terminierung unterschiedlich. Neben der Witterung spielen i. d. R. auch zahlreiche andere Faktoren eine Rolle. Relevant sind zuallererst die Sorten- und Fruchtfolgenwahl. Gesät werden kann erst dann, wenn die Vorfrucht in der Fruchtfolge geräumt ist. Auch organisatorische Anforderungen in den Betrieben können entscheidend sein. Je

### LW-R-1: Anpassung von Bewirtschaftungsrythmen

Die Landwirte reagieren mit der Terminierung der einzelnen Bewirtschaftungsgänge in den Kulturen auf die sich verändernden Witterungsbedingungen. Die Bestellung von Mais verfrühte sich in den letzten vierzig Jahren um rund fünf Tage. Der Trend ist signifikant.



Datenquelle: DWD (Phänologisches Beobachtungsnetz)



nach Größe der Betriebsfläche und Umfang des eigenen Maschinenparks bzw. der erforderlichen Fremdarbeit können sich Bewirtschaftungsgänge zeitlich verschieben. Dies bedeutet, dass sich zeitliche Verschiebungen der Bewirtschaftungsgänge in der Landwirtschaft nicht allein mit veränderten Witterungsverhältnissen erklären lassen. Dennoch können entsprechende Beobachtungen Hinweise auf Anpassungen in der Bewirtschaftungsplanung geben.

Die Bestellung von Mais erfolgt i. d. R. im Laufe des April und Mai. Im Frühjahr sind bewirtschaftungsbedingte Einflüsse wie beispielsweise der Zeitpunkt der Vorfruchträumung noch vergleichsweise gering und die Witterungseinflüsse spielen eine bedeutendere Rolle als bei der Terminierung der Bewirtschaftungsgänge im Sommer und Herbst. In den zurückliegenden vierzig Jahren wurde mit der Maisbestellung immer früher begonnen. Natürlich gibt es deutliche Unterschiede zwischen den Jahren, aber der Trend weist signifikant auf frühere Bestelltermine hin. So fand in den 1970er und 1980er Jahren die Bestellung vorzugsweise noch Ende April / Anfang Mai statt. Nach dem Jahr 2000 erfolgte sie im Schnitt bereits ca. eine Woche früher, in einigen Jahren bereits Mitte April.



Landwirte passen sich mit ihrer Bewirtschaftungsplanung an veränderte Klimabedingungen an.  
(Foto: Ingo Bartussek / fotolia.com)

## Schnittstellen

LW-I-1: Verschiebung agrarphänologischer Phasen

## Perspektiven für neue Kulturpflanzenarten

Mit wärmerem Klima und milderem Witterungsbedingungen eröffnen sich für die Landwirtschaft neue Optionen der Fruchtartenwahl. Der Anbau wärmeliebender Kulturpflanzenarten in Deutschland könnte sich ausweiten, wenn zugleich eine ausreichende Nachfrage am Markt gegeben und der Anbau wirtschaftlich interessant ist. Zu den wärmeliebenden Kulturpflanzen gehören u. a. der Körnermais, die Sorghum-Hirse, die Sojabohne, die Sonnenblume und der Hartweizen (Durum).

Im Falle der Sojabohne hat sich der Anbau in den letzten Jahren bereits ausgeweitet. Sogenannte „Eiweißstrategien“ und Soja-Initiativen fördern den Anbau auch über den besonders wärmebegünstigten Oberrheingraben hinaus. Ob es zu einem dauerhaft hohen Anbauumfang kommt, wird stark von der Nachfrage und dem Zuchtfortschritt bei Sojabohnen abhängen. Da die Ökolandwirte auf gentechnikfreies Sojasaatgut angewiesen sind, ist zu erwarten, dass das Interesse an der Erzeugung von Sojasaatgut innerhalb Deutschlands wächst.

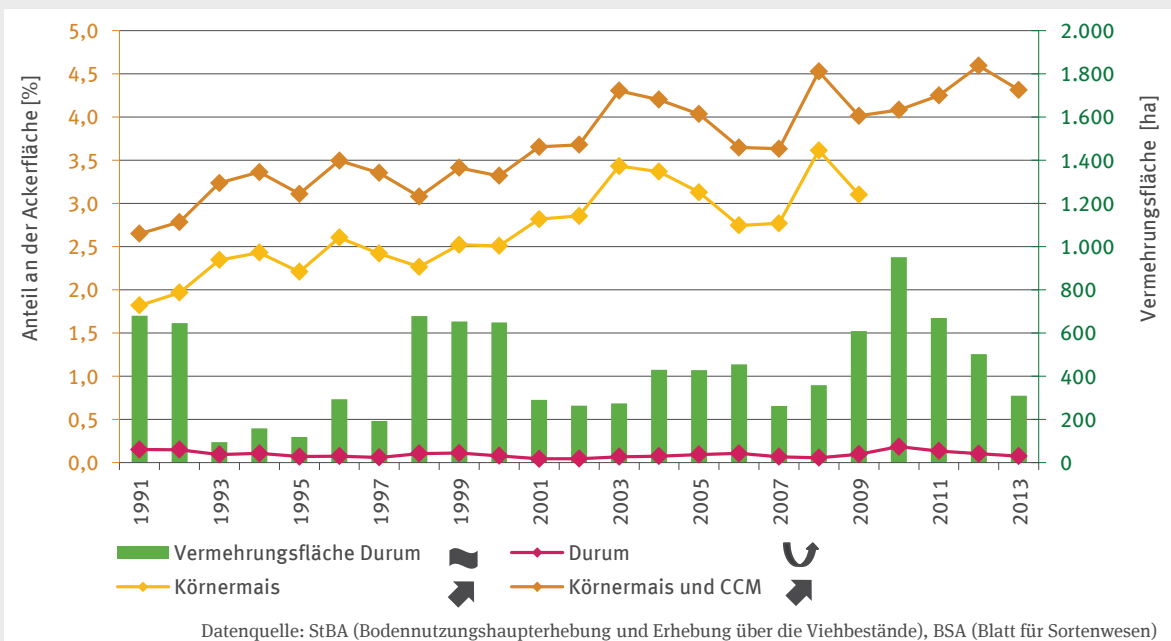
Die aus der Sahelzone stammende Sorghum-Hirse verträgt Trockenheit sehr gut, braucht aber auch viel Wärme. Bisher war es in Deutschland zu kühl für den Anbau. Hirse ist vor allem mit Blick auf die energetische Nutzung interessant. Wenn sich die klimatischen Anbaubedingungen verbessern, könnte die Hirse eine interessante Ergänzung oder auch Alternative im bioenergetisch nutzbaren Fruchtartenspektrum werden.

Sowohl Soja als auch Hirse werden bisher in der bundesweiten Bodennutzungsstatistik nicht erfasst, sodass sich die Entwicklung des Anbaus bundesweit derzeit nicht darstellen lässt. Für die Entwicklung der Anbaufläche von Körnermais und Hartweizen (Durum) liegen demgegenüber langjährige Daten vor, die sich beispielhaft für die Entwicklung der wärmeliebenden Kulturpflanzenarten darstellen lassen.

Beim Körnermais sind die Anbauflächen seit Beginn der 1990er Jahre signifikant angestiegen. Körnermais ist

### LW-R-2: Anbau und Vermehrung wärmeliebender Ackerkulturen

Körnermais und Hartweizen sind wärmeliebende Kulturpflanzen, deren Anbau bei wärmeren Klimabedingungen in Deutschland ausgeweitet werden könnte. Der Körnermais-Anbau hat in den letzten zwanzig Jahren bereits zunehmende Bedeutung erlangt. Die Hartweizenanbaufläche ist noch immer sehr gering.



zum Ausreifen auf vergleichsweise hohe Wärmesummen angewiesen, daher wird die Ausweitung der Anbaufläche u. a. mit den für diese Kultur günstigeren Klimaverhältnissen in ursächlichen Zusammenhang gebracht. Die Ausweitung des Energiepflanzenanbaus beeinflusst diese Entwicklung nicht, da Körnermais nicht zur Bioenergieerzeugung genutzt wird. Weil der Körnermais unmittelbar nach der Ernte auf einen definierten Wassergehalt von ca. 14,5 % getrocknet werden muss, sind die Trocknungskosten der entscheidende Rentabilitätsfaktor. Je günstiger die Witterungsverhältnisse sind und je trockener der Körnermais vom Feld kommt, desto wirtschaftlicher ist der Anbau. Unschärfen bei der Interpretation der Zusammenhänge zwischen einer Ausweitung der Körnermais-anbaufläche und den Klimaverhältnissen ergeben sich dadurch, dass Körnermais zu Fütterungszwecken auch feucht siliert oder zu Corn-Cob-Mix (CCM) weiterverarbeitet werden kann. Bei der Herstellung von CCM wird neben den Körnern auch die Spindel des Maiskolbens verwendet. Für diese Nutzungen sind günstige Trocknungsbedingungen von geringerer wirtschaftlicher Bedeutung als bei der Nutzung von Körnermais zum Ausreifen. Die Statistik unterscheidet ab 2010 nicht mehr zwischen Körnermais zum Ausreifen und Corn-Cob-Mix (CCM). Allerdings war in den Jahren vor der statistischen Zusammenlegung die Körnermais-anbaufläche drei- bis viermal so groß wie die CCM-Anbaufläche, sodass auch die kombinierten Körnermais- / CCM-Daten Aussagen zulassen.

Hartweizen ist ebenfalls wärmeliebend und relativ trockenheitstolerant. Innerhalb Europas wird Durum vor allem in Spanien, Frankreich und Italien angebaut. In Deutschland wird er als Nischenkultur schon seit vielen Jahren kultiviert. Heute liegen die größten Anbauflächen in Sachsen-Anhalt und Thüringen. Im Anbau ist Durum eine anspruchsvolle und risikoreiche Kultur, denn seine Verwertbarkeit ist stark abhängig von der Freiheit von Pilzen und Krankheiten. Da Durum primär als Grieß für die Nudelherstellung verarbeitet und vermarktet wird, sind Fehler im Erntegut deutlich als schwarze Punkte sichtbar und gelten als Ausschlusskriterium für die Vermarktung. Die Witterungsbedingungen – insbesondere zur Erntezeit – sind also sehr bedeutsam und waren in vielen Regionen bisher noch zu unsicher für eine erfolgreiche Anbauprognose. Bei veränderten Witterungsverhältnissen – insbesondere stärkerer Sommertrockenheit – könnten sich langfristig die Bedingungen für den Anbau hierzulande verbessern. Noch ist jedoch die Bedeutung des Durumanbaus mit einem Anteil von nur rund 0,1 % der Ackerfläche sehr gering. Der leichte Anstieg seit Anfang des Jahrtausends lässt sich nicht eindeutig interpretieren. Hinweise für ein zunehmendes Anbauinteresse könnte künftig auch die Entwicklung der Vermehrungsflächen



Die wärmeliebende Hirse könnte künftig für die bioenergetische Nutzung interessant werden. (Foto: patpitchaya / fotolia.com)

für Durum-Saatgut in Deutschland liefern. Nimmt der Umfang der Vermehrungsflächen zu, deutet dies auf die Erwartung einer stärkeren Saatgutnachfrage aus dem In- und Ausland hin. Noch ist ein solcher Trend aber nicht erkennbar.

Um die Entwicklung der Anbauflächen wärmeliebender Kulturpflanzen mit dem Klimawandel in Zusammenhang bringen zu können, bedarf es noch längerer Datenreihen, da die Anbauentscheidungen der Landwirte zu deutlichen jährlichen Ausschlägen bei der Anbaufläche führen können. Vor allem die Marktbedingungen (erzielbare Preise, regionale Absatzmöglichkeiten) spielen dabei eine wichtige Rolle.

## Schnittstellen

LW-R-3: Anpassung des Sortenspektrums

## Ziele

Züchtungsforschung zur Erweiterung des Fruchtartenspektrums, um mit „neuen“ bzw. bislang vernachlässigten Fruchtarten (z. B. Hirse oder Körnerleguminosen) optimale Erträge unter künftigen Standortbedingungen zu sichern und Risiken wie Witterungsextreme, Krankheits- und Schädlingsbefall zu mindern (Nachhaltigkeitskonzept des BMELV, S. 10)

## Anderes Klima – andere Sorten

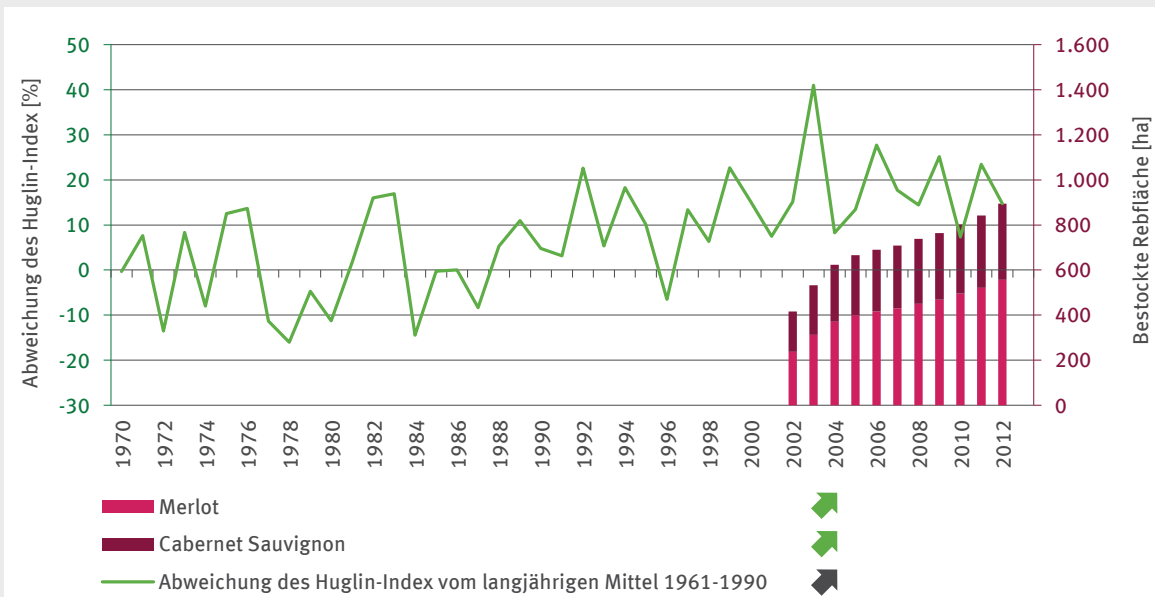
Ähnlich den Anpassungsmöglichkeiten durch den Anbau wärmeliebender Kulturpflanzenarten ist auch die Sortenwahl ein für die Landwirte geeignetes Mittel, um bei gleichbleibender Fruchtart auf sich verändernde Rahmenbedingungen des Anbaus zu reagieren. Bevorzugt werden dabei diejenigen Sorten, die unter den absehbaren Bedingungen hohe und qualitativ hochwertige sowie sichere Erträge und gute Vermarktungsmöglichkeiten versprechen. Die jeweilige Sortenwahl ist dabei immer Resultat unterschiedlicher Faktoren, die der Landwirt in seiner Entscheidung gegeneinander abwägt. Die Witterung ist stets nur ein Faktor unter mehreren anderen. Mitunter erfolgt die Sortenwahl der Landwirte auch sehr spontan, primär gesteuert durch Erfahrungen aus der letzten Anbauperiode oder durch sich aktuell abzeichnende Marktchancen.

Bei den einjährigen Kulturen ist der Landwirt in seiner Sortenwahl relativ flexibel, bei mehrjährigen Kulturen dagegen legt er sich mit der Sortenentscheidung für einen

längeren Zeitraum fest. Im Weinbau beispielweise will die Sortenwahl sorgfältig bedacht sein, denn die Reben haben mit zwanzig bis dreißig Jahren eine lange Lebensdauer, d. h. Winzer treffen bei Neupflanzungen längerfristige Produktionsentscheidungen. Wein ist außerdem ein landwirtschaftliches Produkt mit teilweise außerordentlich hoher Wertschöpfung und trotz vergleichsweise kleiner Fläche mit großer wirtschaftlicher Bedeutung. Die Sortenwahl genießt daher besondere Aufmerksamkeit. Zur Beurteilung der Anbaufähigkeit bestimmter Rebsorten in verschiedenen Weinbauregionen wird der sogenannte Huglin-Index eingesetzt. Er summiert die Tage mit Temperaturen von mehr als 10 °C für den Zeitraum 1. April bis 30. September und gibt an, ob die Wärmesummen, die eine Rebsorte benötigt, um erfolgreich über längere Zeit kultiviert zu werden, in einer Region erreicht werden. In den letzten ca. vierzig Jahren ist der Huglin-Index über ganz Deutschland betrachtet signifikant angestiegen. Das hat zur Folge, dass einige bisher auf südlichere Regionen beschränkte, besonders wärmeliebende Rotweinsorten

### LW-R-3: Anpassung des Sortenspektrums

Mit steigenden Wärmesummen erlangen auch besonders wärmeliebende Rotweinsorten in deutschen Anbauregionen Anbaueignung. Die Anbaufläche der international beliebten Rotweinsorten Merlot und Cabernet Sauvignon bewegt sich zwar noch auf einem geringen Niveau, ist aber signifikant im Anstieg begriffen.



Datenquelle: DWD (Deutscher Klimaatlas – Landwirtschaft), StBA (Weinstatistik – Grunderhebung der Rebflächen und Rebflächenerhebung)

nun auch in deutschen Anbauregionen grundsätzlich Anbaueignung erlangt haben. Hierzu gehören beispielsweise Merlot, Cabernet Sauvignon und Syrah. Diese Rebsorten genießen international eine hohe Reputation, weshalb die Motivation bei einigen Winzern groß ist, sie anzubauen, wenn die klimatischen Voraussetzungen erfüllt sind. Die Anbauflächen von Merlot und Cabernet Sauvignon, die seit dem Jahr 2002 in der Weinstatistik erfasst werden, sind zwar noch vergleichsweise gering, die Flächenzunahme weist aber auf ein zunehmendes Interesse der Winzer hin. Es wird davon ausgegangen, dass der Klimawandel den Rebsortenspiegel in Zukunft beeinflussen wird.

Die Züchter stellen sich auf die neuen Anforderungen ein und richten ihre Sortenwicklungen darauf aus. Die Anträge auf Neuzulassung von Sorten, die jährlich beim Bundessortenamt angemeldet werden, lassen Rückschlüsse zu, an welchen Sorteneigenschaften in der Züchtung gearbeitet wird. Die Züchtung einer neuen Sorte beansprucht allerdings i. d. R. zwischen acht und zehn Jahre, sodass sich eine veränderte Sortennachfrage nicht immer zeitnah in den Zahlen niederschlagen wird. Beim

### Schnittstellen

LW-R-2: Anbau und Vermehrung wärmeliebender Ackerkulturen

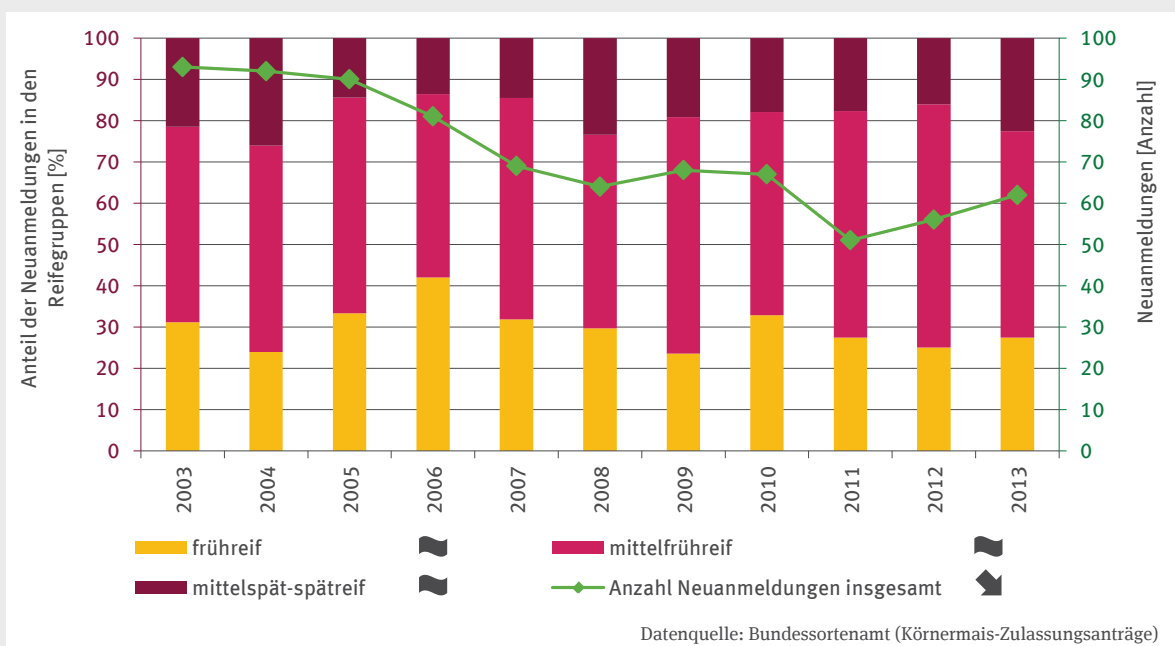
### Ziele

Förderung von Innovationen im Bereich der Pflanzenzüchtung im Hinblick auf die Anpassung an Klimaänderungen, die Nährstoffbilanz der Kulturpflanzen, die Resistenz- und Qualitätseigenschaften (DAS, Kap. 3.2.6)

Körnermais steigert die Verwendung frühreifer Sorten die Wahrscheinlichkeit, dass höhere Trockensubstanzgehalte bei der Ernte erzielt und damit die Trocknungskosten geringer werden. Frühreife Sorten könnten unter diesen Umständen an Attraktivität gewinnen. Allerdings haben die spätreifenden Sorten noch immer ein höheres Ertragspotenzial. Die aktuellen Züchtungsbemühungen gehen daher dahin, frühreife Maissorten mit höheren Erträgen zu entwickeln.

## LW-R-4: Maissorten nach Reifegruppen

Noch ist kein Trend zu einer vermehrten Anmeldung frühreifer Maissorten beim Bundessortenamt erkennbar. Diese Entwicklung ist derzeit offensichtlich durch andere Effekte überlagert. Hierzu gehört die Verschiebung der Grenze des Körnermaisanbaus nach Norden, die eher die Nachfrage nach später reifenden Sorten begünstigt, und das höhere Ertragspotenzial der spätreifenden Sorten.



## Differenzierte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln erforderlich

Die Auswirkungen der Klima- und Witterungsverhältnisse auf den Befall landwirtschaftlicher Kulturen mit Schadorganismen lassen sich derzeit noch nicht konkret prognostizieren. Klar ist jedoch, dass Schadorganismen sehr empfindlich und spontan auf veränderte Witterungsverhältnisse reagieren können und dass Landwirten und Gärtnern rasche und flexible Reaktionen auf auftretende Pflanzenschutzprobleme abverlangt werden.

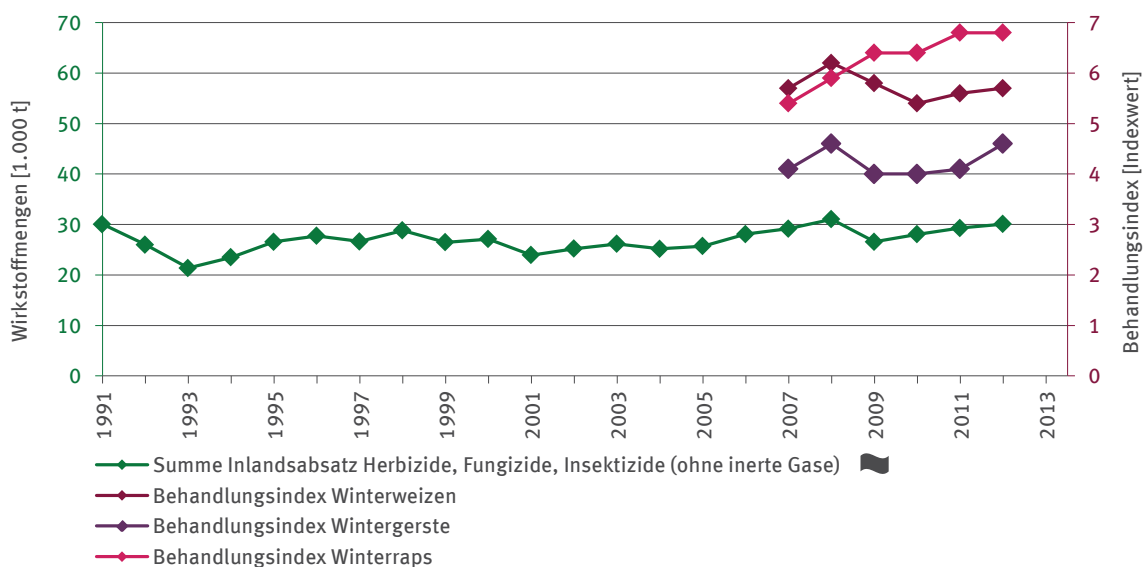
Für Landwirte wird damit eine genaue Beobachtung der eigenen Bestände im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes immer bedeutsamer. Dazu gehören eine sorgfältige Überwachung der Kulturen, vorbeugende Maßnahmen, der Vorrang für nicht-chemische Maßnahmen und die Berücksichtigung des Resistenzmanagements beim Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel.

Der von Bund und Ländern beschlossene Nationale Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP) zielt darauf ab, die Risiken, die durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln entstehen können, weiter zu reduzieren, die Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß zu begrenzen und unnötige Anwendungen dieser Pflanzenschutzmittel zu unterlassen.

Der Klimawandel wird größere Unsicherheiten im Pflanzenschutz mit sich bringen, die aber nicht dazu führen dürfen, dass „Unsicherheitsspritzungen“ zunehmen und Risiken durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln für Mensch, Tier und Naturhaushalt steigen. Das heißt, trotz Klimawandel sollte es nicht zu höheren Intensitäten im Pflanzenschutz kommen. Für die Praxis bedeutet dies, dass Produktionssysteme anzupassen sind und

### LW-R-5: Pflanzenschutzmittel-Anwendung

Der Klimawandel wird größere Unsicherheiten im Pflanzenschutz mit sich bringen. Diese dürfen nicht dazu führen, dass der Absatz von Pflanzenschutzmitteln und die Intensitäten im Pflanzenschutz steigen. Für die Absatzmengen ergab sich über den Gesamtzeitraum betrachtet kein Trend. In den letzten zwölf Jahren haben die Mengen allerdings zugenommen.



Datenquelle: Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (Meldungen gemäß § 19 Pflanzenschutzgesetz), Julius Kühn-Institut und Staatliche Pflanzenschutzdienste der Bundesländer (Netz von Vergleichsbetrieben Pflanzenschutz)

Investitionen in aktuelle und verbesserte Prognose- und Entscheidungshilfesysteme zunehmen werden.

Bei der Interpretation langjähriger Datenreihen zum Absatz von Pflanzenschutzmitteln und zu den Intensitäten im Pflanzenschutz ist zu berücksichtigen, dass die Entwicklungen neben witterungsbedingten Ursachen durch zahlreiche weitere Faktoren beeinflusst werden. So können unter anderem die steigende Spezialisierung der Betriebe und eine abnehmende Bodenbearbeitung mit sich bringen, dass vermehrt Probleme im Pflanzenschutz auftreten, die zu einer vermehrten Anwendung von Pflanzenschutzmitteln führen können. Außerdem ist bei der Interpretation der Daten zu Absatzmengen und Intensitäten im Pflanzenschutz zu berücksichtigen, dass moderne hochwirksame Pflanzenschutzmittel eine zunehmende Verringerung der Einsatzmengen erlauben können. Diese Mittel weisen aus ökotoxikologischer Sicht allerdings trotz geringerer Dosierung das gleiche Risiko auf wie ältere Mittel, die in höheren Dosierungen zum Einsatz kamen.

Der Inlandsabsatz von Pflanzenschutzmitteln gibt nur eine grobe Orientierung zu den Einsatzmengen in Deutschland, da Pflanzenschutzmittel auch über die Grenzen Deutschlands hinweg gehandelt werden. In den letzten zwanzig Jahren sind die Absatzmengen weder signifikant gestiegen noch gefallen. Sollten sich im Zuge des Klimawandels die Schaderregerspektren verändern, weil beispielsweise Unkräuter und -gräser sowie Insekten besonders von der wärmeren Witterung profitieren, dann könnte sich dies auch in den Anteilen der Wirkungsbereiche von Pflanzenschutzmitteln (Herbizide, Fungizide, Insektizide) am gesamten Inlandsabsatz niederschlagen. In den zurückliegenden zwanzig Jahren waren aber auch diesbezüglich noch keine Verschiebungen erkennbar.

Aussagen zur Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendung ermöglicht der Behandlungsindex. Er verrechnet die Anzahl der in einem Jahr durchgeführten Anwendungen mit den Aufwandmengen einer jeden Spritzung im Verhältnis zur höchsten zugelassenen Aufwandmenge für die jeweilige Kultur. Mit zunehmender Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendung steigt der Behandlungsindex. Hierzu sollte es trotz der mit dem Klimawandel verbundenen Herausforderungen im Pflanzenschutz nicht kommen. Der Behandlungsindex wird seit dem Jahr 2007 ermittelt, daher lassen sich Trendaussagen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht treffen.



Wenn der Befall mit Schadorganismen unberechenbarer wird, steigt die Bedeutung sorgfältiger und regelmäßiger Bestandskontrollen. (Foto: Edler von Rabenstein / fotolia.com)

## Schnittstellen

LW-I-5: Schaderregerbefall

## Ziele

Begrenzung der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß; weitere Reduzierung der Risiken, die durch die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel entstehen können (Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln 2013, Kap. 5.1)

Senkung der Anwendungen chemischer Pflanzenschutzmittel, die deutlich vom notwendigen Maß abweichen (Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln 2013, Kap. 5.2.1)

## Beregnung wird lukrativer

Eine ausreichende Wasserversorgung ist Grundvoraussetzung für hohe und stabile landwirtschaftliche Erträge. Insbesondere in der Kartoffel- und Gemüseproduktion sowie für Sonderkulturen reicht dafür Regenwasser allein in aller Regel nicht aus. In diesen Fällen ist es nur durch eine zusätzliche Beregnung möglich, auf den betroffenen Flächen bestmögliche Qualitäten und hohe Produktionsmengen zu erzielen.

Zwei heute bereits beobachtbare Klimatrends wirken sich im Hinblick auf eine ausreichende Wasserversorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen in der Hauptvegetationsperiode, die für die Ertragsbildung eine entscheidende Rolle spielt, negativ aus: Zum einen nehmen die (Früh-)Sommerniederschläge ab, zum anderen können die Sommerniederschläge vermehrt als Starkregenereignisse auftreten, wodurch sich die Verfügbarkeit für die Pflanzen zusätzlich verschlechtert. Die Landwirtschaft kann u. a. mit einem verstärkten Anbau trockenstressresistenterer Sorten oder mit zunehmender

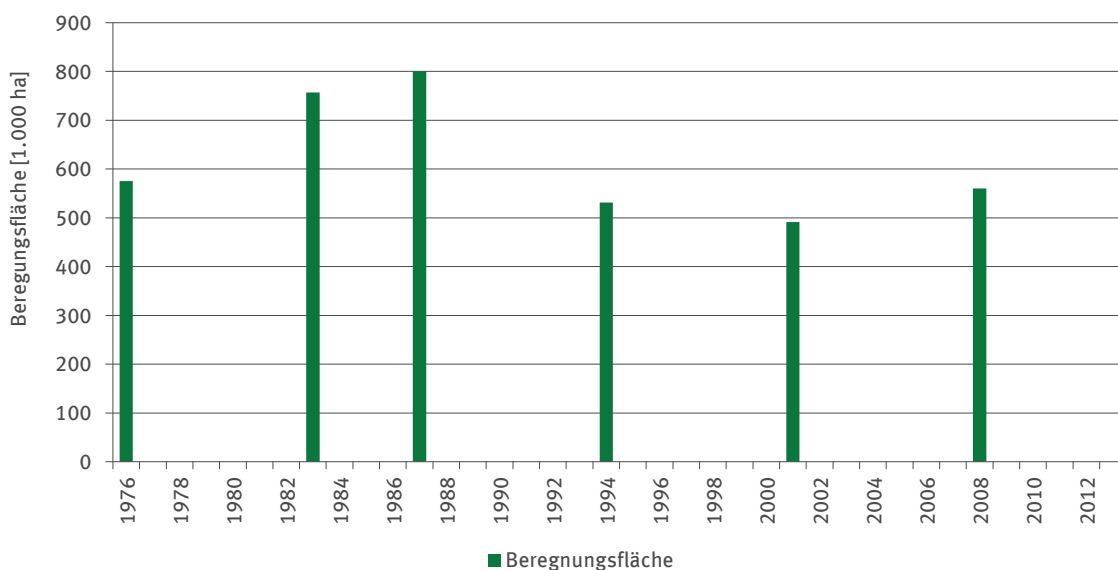
Bewässerung bzw. Beregnung landwirtschaftlicher Kulturen auf diese Situation reagieren.

In Deutschland haben der Anstieg der Agrarpreise sowie die Förderung des Biomassenanbaus zur Energieerzeugung in den letzten Jahren zu einer Erhöhung der Landnutzungsintensität geführt. Unter diesen Rahmenbedingungen gewinnen intensive, auf ein hohes Ertragsniveau ausgerichtete Produktionsverfahren an Wettbewerbskraft. In diesem Zusammenhang ist auch eine Ausdehnung der Beregnung insbesondere sensibler landwirtschaftlicher Kulturen bzw. Fruchtfolgen als Anpassungsreaktion der Landwirtschaft zu erwarten. Das bedeutet, mit den klimatischen Veränderungen gerät die Beregnung stärker ins Blickfeld; gleichzeitig wird sie unter den gegebenen wirtschaftlichen Bedingungen zu einer interessanten Option.

Heute liegen die größten Beregnungsflächen im östlichen Niedersachsen sowie in Hessen und

### LW-R-6: Landwirtschaftliche Beregnung

Unter den Bedingungen des Klimawandels wird die Beregnung zur Sicherung hoher Qualitäten und Produktionsmengen interessant. Dies gilt vor allem dann, wenn die Agrarpreise steigen und die Nutzungsintensitäten zunehmen. Auf der Grundlage der bisherigen Daten lassen sich aber noch keine Trendaussagen treffen.



Datenquelle: Bundesfachverband Feldberegnung (unregelmäßige Umfragen bei den Ländern zum Stand der Beregnung in Deutschland)



Rheinland-Pfalz, wobei in den beiden letztgenannten Bundesländern die Niederschläge nicht so gering sind. Dass dort trotzdem viel beregnet wird, liegt unter anderem auch daran, dass Beregnungswasser nicht allein der Wasserversorgung der Kulturen dient, sondern vor allem im Obstanbau auch zu Zwecken des Frostschutzes eingesetzt wird. Auch für die Frostschutzberegnung gibt es allerdings einen Zusammenhang mit Klimaveränderungen, da als Folge eines früher einsetzenden Blühtermins und einer höheren Empfindlichkeit bei Spätfrösten mit einem steigenden Bedarf an Frostschutzberegnung zu rechnen ist.

Da Daten zu den mit Beregnungstechnik ausgestatteten und mit Wasserrechten belegten Flächen nicht jährlich erhoben werden, sind Trendaussagen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich. Bis Anfang der 1990er Jahre haben vor allem die umfangreichen Beregnungsflächen im Osten Deutschlands die Zahlen geprägt. Aus Rentabilitätsgründen wurden nach der Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten und im Zuge der Umstrukturierung landwirtschaftlicher Betriebe die Beregnungsanlagen vielerorts aufgegeben. Ab dem Jahr 2000 deutet sich bundesweit eine Zunahme des Interesses an der Beregnung an. Dies äußert sich u. a. auch darin, dass entschieden wurde, die finanzielle Förderung überbetrieblicher Einrichtungen zur Beregnung auch in der neuen Förderperiode der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) und dem Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) durch die EU, Bund und Länder ab 2014 fortzusetzen. In den einzelnen Bundesländern werden die Fördermöglichkeiten aber in sehr unterschiedlichem Umfang in Anspruch genommen.

In ökologischer Hinsicht ist die Beregnung nicht in allen Regionen und Situationen gleich zu bewerten. Grundwasserspiegelabsenkungen und Veränderungen im Stoffhaushalt der Böden können nachteilige Effekte einer Beregnung sein. Noch ist der Anteil der landwirtschaftlichen Wasserentnahmen für die Beregnung in Deutschland mit knapp 0,25 % am Gesamtwasserverbrauch sehr gering. Gleichwohl können nachhaltige Einflüsse auf den Wasserhaushalt in den regionalen Bewässerungsschwerpunkten nicht ausgeschlossen werden. Bundesweit wird das Wasser für Beregnungszwecke zu über 85 % aus Grund- und Quellwasser gewonnen, weniger als 15 % entstammen den Oberflächengewässern. Die GAK- und ELER-Förderung ist inzwischen an die Bedingung geknüpft, dass es sich um wassersparende Einrichtungen handelt.



Wenn die Sommerniederschläge weiter abnehmen und diese gleichzeitig vermehrt als Starkregen fallen, kann eine Beregnung wirtschaftlich interessant werden. (Foto: ThomBal / fotolia.com)

## Schnittstellen

BO-I-1: Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden

LW-I-1: Verschiebung agrarphänologischer Phasen

## Ziele

Förderung der Infrastruktur zur landwirtschaftlichen Bewässerung über die GAK, effizienterer Einsatz von Wasser wie beispielsweise verlustärmere Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen (DAS, Kap. 3.2.3)

Förderung von Anlagen zur Wasserspeicherung, Grundwasseranhebung und Pumpenanlagen zur überbetrieblichen Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Wasserressourcen, Weiterentwicklung Wasser sparender Ackerbausysteme und Bewässerungstechniken, Erweiterung der Bewässerungsmöglichkeiten (Nachhaltigkeitskonzept des BMELV, S. 10)



# Wald und Forstwirtschaft

In Deutschland bedecken Wälder rund 11,4 Millionen Hektar Fläche, das entspricht etwa einem Drittel der gesamten Landoberfläche. Aufgrund ihrer vielfältigen wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Funktionen kommt Waldökosystemen eine besondere Bedeutung zu. Das Bundeswaldgesetz sieht daher vor, den Wald mit all seinen Funktionen zu erhalten, falls erforderlich auch zu mehren und seine ordnungsgemäße Bewirtschaftung sicher zu stellen.

Der Klimawandel und die damit erwartete Häufung und Verschärfung von Witterungsextremen wie Hitze und Trockenheit und möglicherweise auch von Stürmen sind eine der bedeutendsten Herausforderungen für die Forstwirtschaft. Die Auswirkungen auf den Wald sind insofern gravierend, als sich die Klimaveränderungen in einer bisher nicht gekannten Geschwindigkeit vollziehen. Dies ist für den Wald vor allem deshalb problematisch, weil Bäume sehr langlebig und ortsfest sind, und Waldbestände daher in ihrer gesamten Lebensspanne sehr unterschiedlichen Umwelt- und Wachstumsbedingungen ausgesetzt sind. Können sich Wälder an diese Umweltänderungen nicht anpassen, wird nicht nur der einzelne Baum geschwächt, sondern das gesamte Waldökosystem gestört. Trockenheits- und Sturmschäden sowie großflächiger Schädlingsbefall können zu Qualitätseinbußen des Holzes und zu Ertragsminderungen führen. Das nach größeren Schadereignissen zu meist große Angebot an Holz auf dem Markt hat zudem häufig einen Preisverfall zur Folge.

Durch den Klimawandel bekommen Waldbäume, die heute noch gut an die herrschenden Klimabedingungen an ihrem Standort angepasst sind, zukünftig möglicherweise zunehmende Probleme mit den sich häufenden Witterungsextremen oder mit einer schleichenden Änderung des Standorts. Darauf muss die Forstwirtschaft, die es von jeher mit langen Produktionszeiträumen zu tun hat und langfristig planen muss, rechtzeitig reagieren. Sie muss diese zukünftigen Veränderungen der Wuchsbedingungen berücksichtigen, ohne dass sie aber genau weiß, wo und in welchem Umfang sich welche konkreten Veränderungen vollziehen werden.

## Auswirkungen des Klimawandels

Baumartenzusammensetzung in Naturwaldreservaten (FW-I-1) .....	124
Gefährdete Fichtenbestände (FW-I-2) .....	126
Holzzuwachs (FW-I-3).....	128
Schadholz – Umfang zufälliger Nutzungen (FW-I-4) ..	130
Schadholzaufkommen durch Buchdrucker FW-I-5)....	132
Waldbrandgefährdung und Waldbrand (FW-I-6) .....	134
Waldzustand (FW-I-7).....	136

## Anpassungen

Mischbestände (FW-R-1).....	138
Förderung des Waldumbaus (FW-R-2) .....	140
Umbau gefährdeter Fichtenbestände (FW-R-3) .....	142
Erhaltung forstgenetischer Ressourcen (FW-R-4).....	144
Humusvorrat in forstlichen Böden (FW-R-5).....	146
Forstliche Information zum Thema Anpassung (FW-R-6).....	148

## Anpassungsfähigkeit der natürlichen Baumarten

Wälder sind sehr langlebige Ökosysteme. Dementsprechend hat es auch die Forstwirtschaft mit langen Produktionszeiträumen zu tun. Sie muss weit vorausschauend planen und zukünftige Veränderungen der Wachstumsbedingungen berücksichtigen. Baumarten, die heute noch gut mit den Klimabedingungen an ihrem Standort zurechtkommen, können in den kommenden Jahrzehnten anfälliger für Schäden werden und Zuwachseinbußen erleiden. Verschiebungen in der Artenzusammensetzung vollziehen sich schon heute an der Wärme- und Trockenheitsgrenze der Baumartenverbreitung. Der Klimawandel führt dazu, dass Baumarten am warmen und trockenen Rand ihrer Verbreitung ihren Lebensraum verlieren und nur noch in kühleren und feuchteren Regionen überlebensfähig sind. Die natürlichen Ausbreitungsmöglichkeiten der Arten sind jedoch begrenzt.

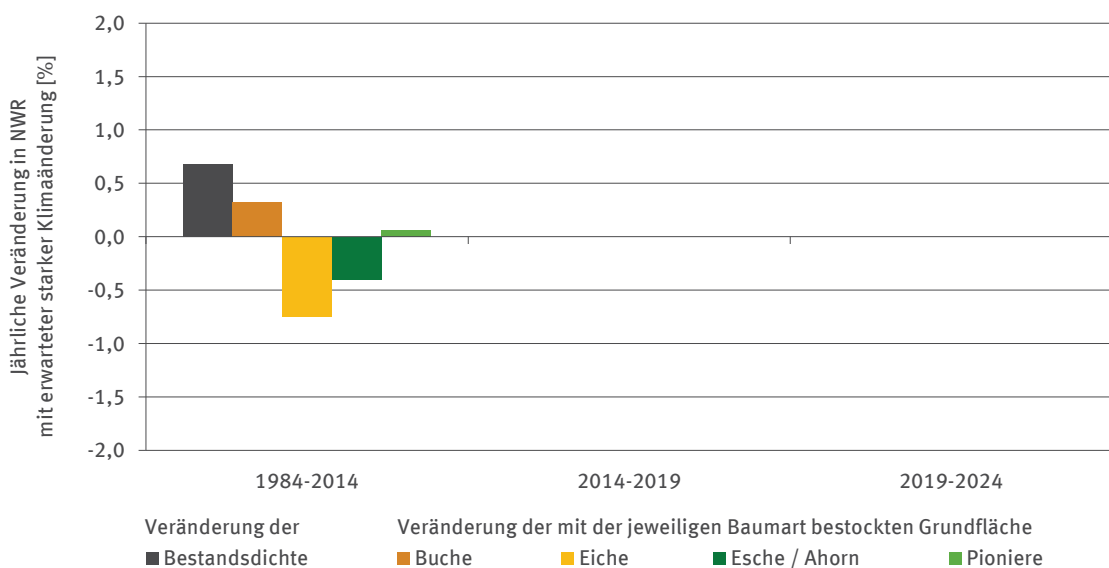
Im Wirtschaftswald wird die Artenzusammensetzung von der forstlichen Nutzung und Pflege geprägt. Hier überlagern sich die natürliche Waldentwicklung und

die vom Menschen durchgeführten Eingriffe. In Naturwaldreservaten entwickeln sich die Wälder ohne direkte menschliche Eingriffe. Ende 2013 gab es in Deutschland 743 Naturwaldreservate mit einer Fläche von insgesamt 34.000 Hektar. In der überwiegenden Zahl der Naturwaldreservate dominieren die standortheimischen Baumarten. Ob die Grenzen ihrer Anpassungsfähigkeit infolge der Klimaveränderungen überschritten werden, sollen Beobachtungen der natürlichen Walddynamik in diesen Gebieten zeigen. Die Ergebnisse erleichtern den Forstwirten und Waldbauern die Entscheidung, in welchem Umfang wärme- und trockenheitstolerantere Baumarten in forstlich genutzte Bestände eingebracht werden sollten, um die Holznutzung auch künftig zu sichern.

Regionale Projektionen des künftigen Klimawandels ermöglichen eine Unterscheidung zwischen Naturwaldreservaten, in denen in Zukunft eher geringe Änderungen der Wasserversorgung zu erwarten sind, und solchen,

### FW-I-1: Baumartenzusammensetzung in Naturwaldreservaten – Fallstudie

In den Naturwaldreservaten, in denen in Zukunft stärkere Klimaänderungen mit höheren Temperaturen und trockeneren Bedingungen sowie häufigeren und stärker ausgeprägten Witterungsextremen erwartet werden, deuten die Entwicklungen bisher noch darauf hin, dass Sukzession und konkurrenzbedingte Effekte die Baumartenveränderungen stärker prägen als ein sich veränderndes Klima.



Datenquelle: Nordwestdeutschen Forstliche Versuchsanstalt / Projektgruppe Naturwälder (Daten der Länder aus Forschung und Monitoring in den Naturwaldreservaten)

in denen sich die Wasserbilanz voraussichtlich deutlich negativ verändern wird, sodass der Baumbestand unter Trockenstress geraten könnte. Fasst man innerhalb dieser Gebiete die vorkommenden Baumarten zu Gruppen mit bestimmten Anpassungseigenschaften zusammen und beobachtet deren langfristige Entwicklung, lassen sich Aussagen zum Verlauf von Anpassungsprozessen der Waldökosysteme treffen. Während der Trauben- und Stieleiche, der Esche, dem Berg- und Spitzahorn sowie den sogenannten Pionierarten wie der Sand- und Moorbirke, der Salweide, der Aspe und der Eberesche ein vergleichsweise hohes Anpassungsvermögen zugeschrieben wird, ist zu vermuten, dass die Rotbuche eher empfindlich auf Trockenstress reagiert. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass auch andere Faktoren wie beispielsweise Schädlingsbefall, Windwürfe oder die Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe die Entwicklung der einzelnen Baumartengruppen beeinflussen.

In Naturwaldreservaten der Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein zeichneten sich in den letzten dreißig bis vierzig Jahren Verschiebungen in der Baumartenzusammensetzung ab. Diese lassen sich aber bisher nicht mit Klimaveränderungen erklären.

Überwiegend zeigen die Baumbestände in den betrachteten Naturwaldreservaten ein erhebliches Durchmesserwachstum, sodass die Bestandesdichte deutlich ansteigt. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Vitalität der Bäume bisher nicht erkennbar beeinträchtigt wurde. Während die Buche ihren Anteil erhöhen konnte, sind die Anteile der Eichenarten und der Esche/Ahorn-Gruppe zurückgegangen. Diese Entwicklungen können zum einen mit der Konkurrenzkraft der Buche aufgrund ihrer hohen Schattverträglichkeit und zum anderen mit krankheitsbedingten Absterbeerscheinungen bei der Eiche und der Esche erklärt werden. Die Gruppe der Pioniere zeigte nur eine sehr geringfügige Veränderung. Insgesamt deuten die bisher verfügbaren Daten nicht darauf hin, dass die Entwicklungen bereits merklich vom Klimawandel beeinflusst sind.



In Naturwaldreservaten lässt sich ohne Einfluss von Bewirtschaftungseffekten beobachten, welche Baumarten am jeweiligen Standort die konkurrenzfähigeren sind.

(Foto: Peter Meyer / NWFVA)

## Ziele

In vorhandenen nutzungsfreien Wäldern sollen das Klimaanpassungspotenzial untersucht und Hinweise für die Forstwirtschaft gegeben werden.  
(Waldstrategie 2020, S. 11)

Erhaltung und Entwicklung der natürlichen und naturnahen Waldgesellschaften (NBS, Kap. B 1.2.1)

## Fichte gerät zunehmend unter Druck

Die gezielte Ausweitung des Fichtenanbaus in deutschen Wäldern begann vor über 200 Jahren. Die Wälder waren damals vielerorts aufgrund von Waldweide und intensiver Holznutzung in einem schlechten, sehr stark aufgelichteten Zustand. Die Fichte wurde aufgrund ihrer anspruchslosigkeit, Robustheit und leichten Vermehrbarekeit als die ideale Baumart gesehen, um Flächen rasch wiederzubewalden. Das gut und vielseitig verwertbare Holz galt als geeignet, um die befürchtete Holznot zu überwinden. Allerdings ist die Fichte durch ihr meist flaches Wurzelsystem sturm- und trockenheitsempfindlich.

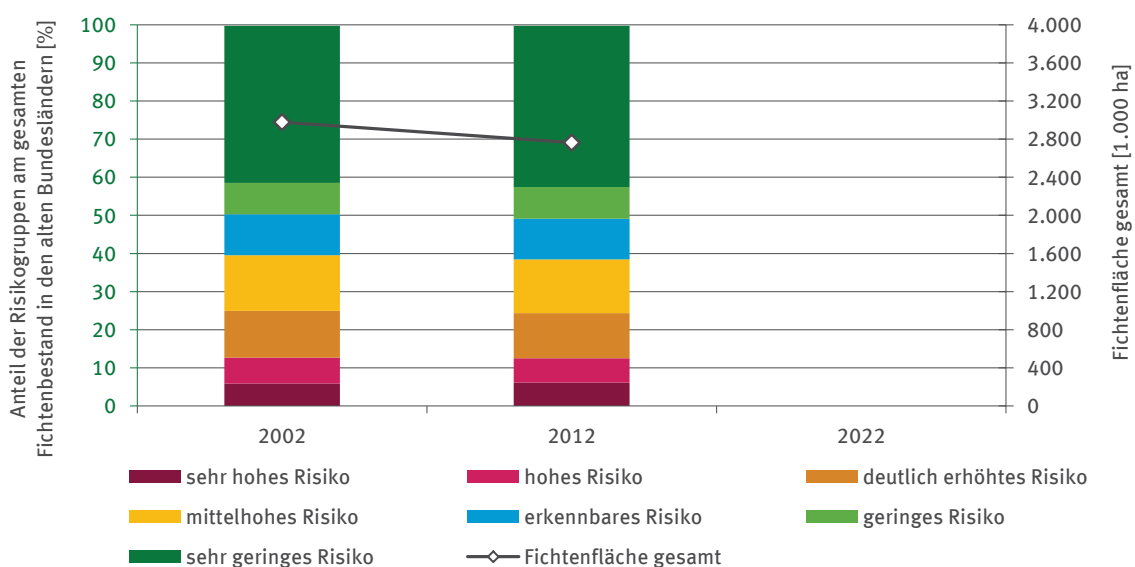
Als Folge der massiven Ausweitung des Fichtenanbaus wurde die Baumart auch auf Standorten angebaut, die ihren Ansprüchen an eher kühle und feuchte Klimabedingungen nicht gerecht werden und die den Klimawandelnszenarien zufolge künftig noch wärmer und trockener werden. Früh zeigte sich, dass

Fichtenreinbestände ein hohes Anbaurisiko aufweisen. Schon Ende des 19. Jahrhundert kam es infolge von Schädlingsbefall oder Sturmereignissen immer wieder zu einer Zerstörung lokaler Bestände. Allerdings verdeutlichten erst die großflächigen Schadereignisse der letzten zwei Jahrzehnte das Ausmaß der Anfälligkeit der Fichte. Starke Orkane wie Vivian bzw. Wiebke, Lothar und Kyrill führten zu hohen Schadholzmengen.

Selbst bei einem moderaten Temperaturanstieg von unter 2 °C wird das Anbaurisiko der Fichte deutlich zunehmen, weil zunehmend mehr Anbauregionen in den Bereich jenseits der Wärme- und Trockenheitsgrenze der Fichte geraten werden. Probleme wie beispielsweise überdurchschnittlicher Schädlingsbefall und geringe Wuchskraft, die jetzt nur in Randregionen des Fichtenanbaus auftreten, werden zukünftig auch Gebiete betreffen, die bislang als ertragreiche Anbauggebiete mit beherrschbarem oder tolerierbarem Risiko gegolten haben.

### FW-I-2: Gefährdete Fichtenbestände

Die Fichte wird unter den sich verändernden Klimabedingungen zunehmend für sie ungünstige Wuchsbedingungen vorfinden. Zwischen 2002 und 2012 hat sich die Risikosituation in den deutschen Wäldern noch nicht gravierend verändert. Fichten auf Hochrisikostandorten sind nicht in relevantem Umfang zurückgegangen. Insgesamt nahm die dominant mit Fichten bestockte Waldfläche ab.



Datenquelle: Thünen-Institut für Waldökosysteme, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Modellierung auf der Basis der Bundeswaldinventur)

Mit der Bundeswaldinventur werden die Waldverhältnisse und die Produktionsmöglichkeiten regelmäßig auf Stichprobenbasis erfasst. Bei der zweiten Inventur im Jahr 2002 erfolgten die Erhebungen erstmalig auch bundesweit. 2012 wurde die dritte Inventur durchgeführt. Überlagert man die bei der zweiten und dritten Bundeswaldinventur ermittelte Fichtenfläche mit klimatischen Risikobereichen für die Fichte, die für die Klimanormalperiode 1981-2010 festgelegt wurden, wird deutlich, dass sich in diesem Zeitraum kaum Änderungen vollzogen haben. 2002 standen 12,7 % aller Fichten in Bereichen, in denen sie einem sehr hohen und hohen klimatischen Risiko ausgesetzt sind, in denen also die klimatischen Bedingungen aufgrund geringer Niederschlagssummen und vergleichsweise hoher Jahresdurchschnittstemperaturen zum damaligen Zeitpunkt schon sehr ungünstig waren. Dieser Anteil lag 2012 noch immer bei 12,5 %. Der Anteil der Fichtenfläche (mit mind. 90 % Bestockungsanteil der Fichte) in Bereichen mit sehr geringem und geringem Risiko ist demgegenüber zwischen 2002 und 2012 um 1,2 Prozentpunkte angestiegen. Diese nur geringen Veränderungen erlauben den Rückschluss, dass sich die Risikosituation für Trockenschäden im Zeitraum zwischen 2002 und 2012 noch nicht in relevantem Umfang verändert hat.

Insgesamt war die Fichtenwaldfläche im Jahre 2012 gegenüber 2002 um 215.000 Hektar kleiner. Infolgedessen ist der Bestockungsanteil der Fichte an der gesamten Waldfläche in Deutschland von 28,4 % auf 25,4 % zurückgegangen. Diese Entwicklung ist zum größten Teil auf Sturmwürfe der Fichte und den Waldumbau von Fichtenreinbeständen in Laub- und Mischwälder zurückzuführen, mit dem die Standortgerechtigkeit der Wälder verbessert werden soll. Eine spezifische Anpassung von trockenheitsgefährdeten Fichtenbeständen spielte dabei bisher eine untergeordnete Rolle.

Grundsätzlich gehört die Ermittlung der Anbaurisiken bzw. -potenziale für forstlich bedeutsame Arten zu den wichtigen Planungshilfen für die Forstwirtschaft. Lassen sich die Risiken eines Misserfolgs beim Anbau abschätzen, kann die Forstwirtschaft bei allen Unsicherheiten und Wissenslücken die betrieblichen Entscheidungen der Baumartenwahl daran ausrichten.



Fichten stehen heute zuweilen auf Standorten, die zu warm und zu trocken für den Anbau sind.  
(Foto: suedberliner / pixelio.de)

## Schnittstellen

FW-I-5: Schadholzaufkommen durch Buchdrucker  
FW-R-3: Umbau gefährdeter Fichtenbestände

## Ziele

Voranbringen des Waldumbaus von Reinbeständen in standortgerechte, risikoarme Mischbestände (DAS, Kap. 3.2.7)

Erhaltung der Waldfläche in Deutschland und Steigerung der Stabilität, Vielfalt und Naturnähe der Wälder. Anbau standortgerechter Baumarten mit hoher Widerstandsfähigkeit und Wuchsleistung (Waldstrategie 2020, S. 23)

Kontinuierliche Reduktion des Anteils nicht-standortheimischer Baumarten (NBS, Kap. B 1.2.1)

## Veränderungen im Zuwachs

Wie schnell Bäume wachsen und wie viel Holzvolumen je Zeiteinheit gebildet wird, ist wesentlich von der Nährstoff- und Wasserversorgung ihrer Standorte sowie von den vorherrschenden Temperaturen abhängig. In Berglagen oder kalten Senken, die bisher wärmelimitiert sind, können sich Temperaturerhöhungen positiv auf den Zuwachs der dort stockenden Bäume auswirken. In Bereichen wie beispielsweise der Oberrheinebene, in denen das Wachstum schon heute vielerorts durch Hitze- und Trockenheit begrenzt ist, werden sich weitere Temperaturerhöhungen und zunehmende Trockenheit infolge des Klimawandels dagegen nachteilig auf die Holzzuwächse auswirken. Insgesamt wird erwartet, dass sich die mit dem Klimawandel einhergehenden Witterungsveränderungen standorts- und bestandspezifisch unterschiedlich auf den Holzzuwachs auswirken werden.

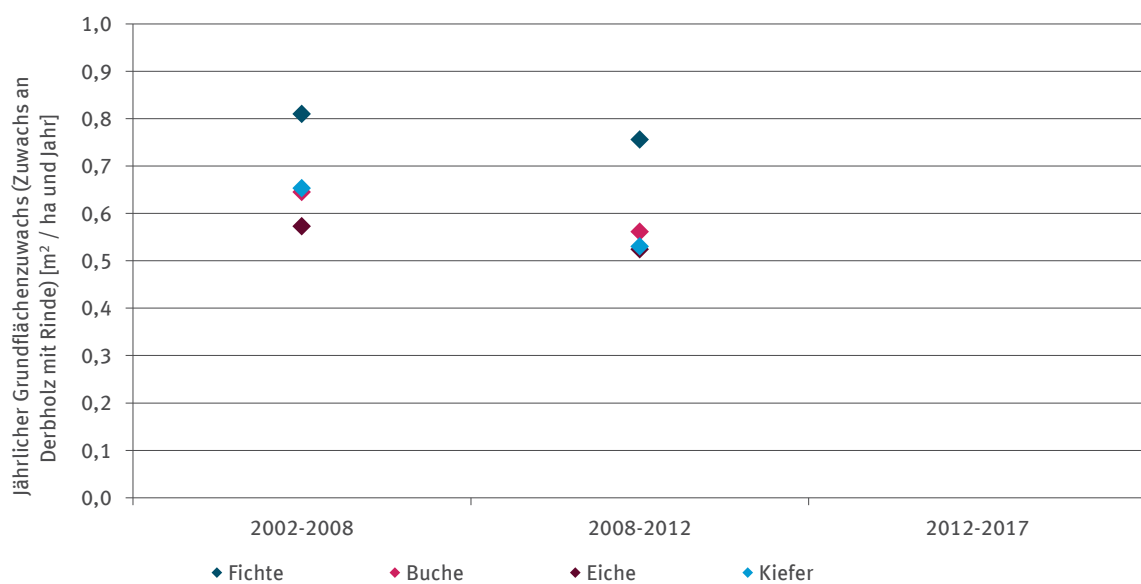
Viel diskutiert wird neben den Witterungseinflüssen auch der düngende Effekt erhöhter Kohlendioxid-Konzentrationen in der Atmosphäre. Er kann sich grundsätzlich

produktivitätssteigernd auswirken, wenn gleichzeitig andere wichtige Wachstumsfaktoren nicht begrenzt sind. Ein weiterer bedeutender Einflussfaktor ist die Altersstruktur der Bestände, denn die Zuwachsleistung der Bäume ist abhängig von ihrem Alter. Junge Bäume mit einem Alter von unter 20 Jahren weisen einen geringen Volumenzuwachs auf. Dieser steigt dann in den Folgejahren stark an und sinkt im Alter in Abhängigkeit von der Baumart wieder ab. Analysen von Zuwachsdaten müssen daher stets das Alter berücksichtigen.

Das Zusammenwirken aller Einflussfaktoren ist komplex und lässt sich in seinen Auswirkungen für den künftigen Zuwachs nur schwer voraussagen. Klar ist aber bereits heute, dass es im Wald in Abhängigkeit von den jeweiligen Standortverhältnissen Gewinner und Verlierer des Klimawandels geben wird. Grundsätzlich ist der produktive Holzzuwachs neben der Qualität des Holzes für die Forstwirtschaft eine relevante Größe, denn er entscheidet letztendlich über die Höhe der erzielbaren Holzerträge.

### FW-I-3: Holzzuwachs

Der Zuwachs im Zeitraum 2008 bis 2012 fiel für alle Hauptbaumarten geringer aus als im vorhergehenden Zeitraum 2002 bis 2008. Dies deutet darauf hin, dass einzelne Trockenjahre bisher nicht dominant die Zuwächse bestimmten, denn die besonders warmen und trockenen Jahre 2003 und 2006 fielen in den ersten Zeitraum mit den noch höheren Zuwächsen.



Datenquelle: Thünen-Institut für Waldökosysteme (Auswertungen auf der Basis der BWI)



Sinken in Wirtschaftswäldern u. a. infolge ungünstigerer Witterungsverhältnisse die Zuwächse beständig in erheblichem Umfang, werden gezielte forstliche Managementmaßnahmen erforderlich, um die Produktionsfunktion des Waldes aufrecht zu erhalten. Der Holzzuwachs ist außerdem insofern von Bedeutung, als er Voraussetzung für die Funktion des Waldes als Kohlenstoffspeicher ist. Je mehr Holz in einem Bestand zuwächst, desto mehr Kohlendioxid wird der Atmosphäre entzogen und in Form von Kohlenstoff im Holz festgelegt. Man geht davon aus, dass in jedem Kubikmeter Holz rund 250 kg Kohlenstoff gebunden sind. Damit leisten Wälder mit positiver Kohlenstoffbilanz auch einen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz.

Die bisher verfügbaren Ergebnisse der Bundeswaldinventur stellen Startpunkte für den Aufbau einer längeren Zeitreihe zum Holzzuwachs dar. Ab 2002 stehen bundesweite Inventurdaten zur Verfügung. Die Daten lassen derzeit vor allem Schlussfolgerungen zu den Wirkungen extremer Witterungssituationen im jeweiligen Beobachtungszeitraum zu. So ließen sich die hohen durchschnittlichen Holzzuwächse der Wälder, die bis zum Ende des 20. Jahrhunderts ermittelt wurden, im Zeitraum 2002 bis 2008 in den alten Bundesländern vor allem für die Fichte nicht mehr in diesem Umfang ermitteln. Es wird davon ausgegangen, dass insbesondere die heißen und trockenen Jahre 2003 und 2006 zu Produktivitätseinbußen geführt haben. Aber auch im Folgezeitraum 2008-2012 ohne Trockenjahre sind die Holzzuwächse im bundesweiten Mittel bei den vier Hauptbaumarten weiter zurückgegangen, am stärksten bei der Kiefer, gefolgt von der Buche.

Mit einer längeren Zeitreihe werden sich künftig die längerfristig wirkenden Effekten des Klimawandels auf den Holzzuwachs abbilden lassen.



Je nach Witterungsbedingungen können die Erträge in den Jahren sehr unterschiedlich hoch ausfallen.  
(Foto: sabine käfer / pixelio.de)

## Schnittstellen

LW-I-2: Ertragsschwankungen

## Ziele

Sicherstellung der Produktion von Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft; Deckung des steigenden inländischen Holzbedarf auch nach 2020 überwiegend aus heimischer Erzeugung (Waldstrategie 2020, S. 7)

## Forstwirtschaft wird risikoreicher

Die langen Produktionszeiträume in der Forstwirtschaft erfordern eine sorgfältige und langfristige Planung der forstlichen Bewirtschaftung, und nur wenn sich die Maßnahmen planungsgemäß umsetzen lassen, ist es möglich, die angestrebten Bewirtschaftungsziele zu erreichen. Der Klimawandel hat in zweierlei Hinsicht Auswirkungen auf die Planbarkeit der forstlichen Nutzung in Wirtschaftswäldern. Zum einen können die veränderten Witterungsverhältnisse die Bäume schwächen und damit anfälliger für Schäden etwa durch Stürme, Nassschnee oder Insektenbefall machen. Zum anderen wird davon ausgegangen, dass gerade diese Extremereignisse im Zuge des Klimawandels in ihrer Häufigkeit und Intensität zunehmen.

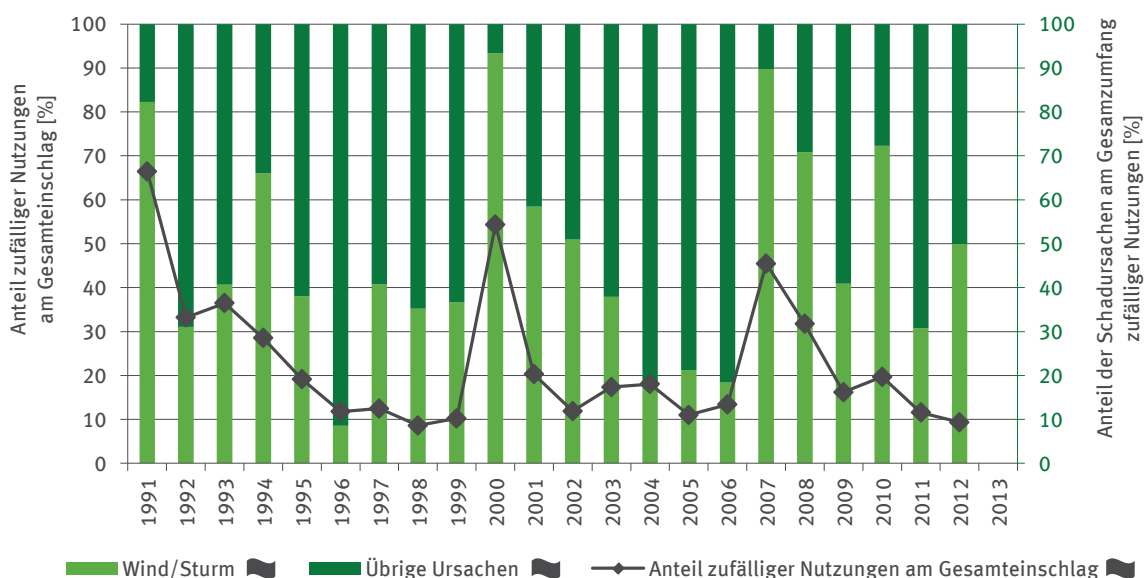
In der Folge beider Entwicklungen kann es zu einem erhöhten Anfall von Wurf- und Bruchholz sowie zu Zwangsnutzungen nach Schädlingsbefall kommen. Dieses Holz gefährdet die Sicherheit der weiteren Produktion, da es Brutraum für Borkenkäfer ist. Es erschwert zudem die

weitere Bewirtschaftung der Wälder und ist ein Sicherheitsrisiko für Waldarbeiter und Waldbesucher. Daher muss Wurf- und Bruchholz aus den bewirtschafteten Beständen entfernt werden. Insbesondere nach Großschadensereignissen binden solche ungeplanten Holznutzungen erhebliche Kapazitäten in den forstwirtschaftlichen Betrieben. Diese fehlen dann für die Umsetzung gezielter Bewirtschaftungsmaßnahmen, die ja gerade in Anbetracht der erforderlichen Anpassung an den Klimawandel von großer Bedeutung sind. In der Regel dauert es mehrere Jahre, bis die Folgen von Kalamitäten aufgearbeitet sind und die Forstwirte wieder unter „normalen“ Nutzungsbedingungen planen und wirtschaften können.

Für den Waldbesitzer, sei es der Staat, die Kommune oder der private Waldbesitzer, sind große Mengen von Wurf-, Bruch- und Befallsholz mit erheblichen Mindereinnahmen verbunden. So sind die Aufarbeitungskosten in geschädigten Beständen deutlich höher und die Holzqualitäten oftmals schlechter. Gleichzeitig fällt der Holzpreis

### FW-I-4: Schadh Holz – Umfang zufälliger Nutzungen

Ungeplante Nutzungen durch Wurf-, Bruch- und Befallsholz bringen für die Forstwirtschaft viele Nachteile. Ein Trend zu mehr ungeplanten Nutzungen ist bislang nicht erkennbar. Starke Winterstürme wie vor allen in den Jahren 1990, 1999, 2007 und 2010 haben aber zu erheblichen Mengen von Schadh Holz geführt.



Datenquelle: BMEL (Zusammenstellungen auf der Basis von Länderinformationen), BMEL und StBA (Holzeinschlagsstatistik)

vor allem nach größeren Schadereignissen deutlich. Holz muss dann zum Teil längere Zeit gelagert werden, was zusätzliche Kosten verursacht. Hinzu kommt, dass jede ungeplante Holznutzung eine Belastung für das gesamte Waldökosystem bedeutet. Dies ist wiederum mittel- und langfristige für die Forstwirtschaft nachteilig.

Auch wenn sich in den zurückliegenden knapp zwanzig Jahren kein statistisch abgesicherter Trend zu einer Zunahme des Umfangs ungeplanter Holznutzungen abzeichnet, entsteht in der Forstwirtschaft zunehmend der Eindruck, dass die Phasen ohne relevante Einflüsse von Zwangsnutzungen immer kürzer werden.

Die extrem hohen Anteile ungeplanter Nutzungen am Gesamteinschlag von Holz entstehen im Wesentlichen durch Wurf- und Bruchholz, werden also vor allem durch Stürme verursacht. So führten die Orkane Vivian und Wiebke im Spätwinter 1990 zur Notwendigkeit umfangreicher Aufarbeitungen im darauffolgenden Jahr 1991, und zwar in großen Teilen Deutschlands. Im Dezember 1999 verwüstete Lothar weite Bereiche Südwestdeutschlands. Im Januar 2007 zerstörte das Orkantief Kyrill insbesondere Wälder in Nordrhein-Westfalen, mit Schwerpunkt im Sauerland. Das Sturmtief Xynthia im Februar 2010 betraf vor allem Wälder in Norddeutschland.

Bei der Bewertung von Daten zum Wurf-, Bruch- und Befallsholz ist zu berücksichtigen, dass diese i. d. R. keinen vollständigen Überblick über die tatsächlich entstandenen Schäden ermöglichen. Nicht in allen Bundesländern werden neben den Daten zum Staatswald auch Informationen zum Privat- und Körperschaftswald erhoben und übermittelt. Der Schwerpunkt der Erfassung liegt außerdem bislang noch auf den Winterstürmen. Neben den Auswirkungen des Klimawandels können zusätzlich andere Trends die Entwicklung der Zeitreihe stark beeinflussen. Die Altersstruktur der deutschen Wälder tendiert zu höherem Bestandsalter. Ältere Bäume sind aber stärker sturmwurfgefährdet als jüngere, und mit zunehmendem Holzvorrat steigt auch die Schadholzmenge. Letzteres führt auch dazu, dass je nach Örtlichkeit der Kalamität die Schäden unterschiedlich hoch ausfallen können. So werden beispielsweise Stürme in Regionen mit eher locker bestockten Kiefernforsten, die auf den sandigen Böden Brandenburg oder Mecklenburg-Vorpommerns weit verbreitet sind, zu geringeren Schadholzmengen führen als Stürme im vorratsreichen Schwarzwald.



Wurf- und Bruchholz nach Schadereignissen erschwert in den Folgejahren eine planmäßige forstliche Bewirtschaftung. (Foto: Jürgen Heppe / pixelio.de)

## Schnittstellen

FW-I-5: Schadholzaufkommen durch Buchdrucker

## Ziele

Anstreben möglichst stabiler, gemischter Bestände mit größerer Widerstandsfähigkeit gegen großflächige Unglücksereignisse u. a. durch Stürme und Borkenkäfer (DAS, Kap. 3.2.7)

Anbau standortgerechter Baumarten mit hoher Widerstandsfähigkeit und Wuchsleistung (Waldstrategie 2020, S. 23)

## Borkenkäfer – großes Problem für die Fichte

Während viele Bäume durch die projizierten Klimaveränderungen, insbesondere die zunehmende Sommertrockenheit, an Vitalität verlieren, können wärmeliebende Insekten und Krankheitserreger von diesen Bedingungen profitieren. Im Falle der Nadelbäume werden vor allem vermehrte Schäden durch rindenbrütende Borkenkäfer wie Buchdrucker und Kupferstecher an der Fichte mit den veränderten Witterungsbedingungen in Zusammenhang gebracht. Die Schäden erlangten in den vergangenen zehn Jahren in Deutschland überregionale Bedeutung.

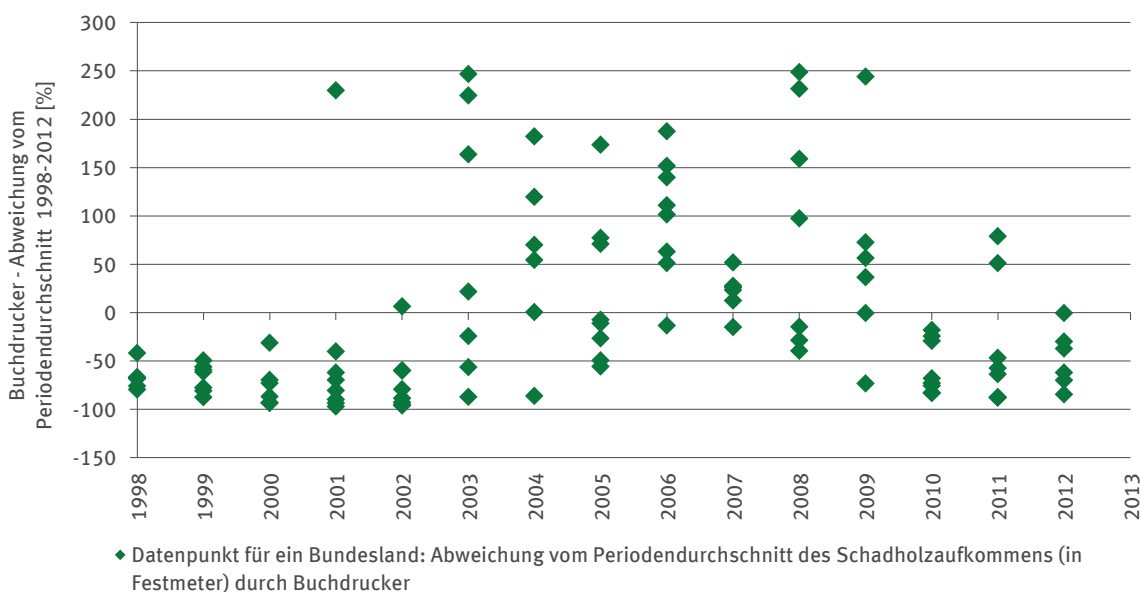
Auch wenn die Zusammenhänge zwischen Klimawandel und vermehrtem Schädlingsbefall noch nicht vollständig erwiesen sind, wird beispielsweise im Falle des Buchdruckers davon ausgegangen, dass mit höheren Temperaturen das Schwärmen der Käfer früher im Jahr erfolgt und infolge dessen eine zusätzliche Käfergeneration ausgebildet werden kann.

Befallsholz muss aus bewirtschafteten Beständen entfernt werden, da sich der Käfer sonst ungehindert weiter ausbreiten kann. Käferholz ist zwar generell noch gut nutzbar, es muss aber schnell aus den Beständen geholt werden. Bleibt Käferholz länger stehen und verliert dann die Rinde, ist es nur noch sehr eingeschränkt beispielsweise als Brennholz nutzbar.

Daten zum Schadholzaufkommen infolge von Schädlingsbefall liegen nicht bundesweit in harmonisierter Form vor, die Datenreihen zum Schadholzaufkommen durch Buchdruckerbefall aus acht Bundesländern erlauben aber eine Einschätzung der Entwicklung. Diese Daten zeigen deutlich, dass der Käferbefall infolge des Hitze- und Trockenjahrs 2003 in nahezu allen der betrachteten Bundesländer sprunghaft angestiegen ist. Die Nachwirkungen hielten in den Folgejahren an, noch einmal verstärkt durch den ebenfalls sehr warmen und trockenen Sommer 2006. Im Jahr 2007 konnte sich

### FW-I-5: Schadholzaufkommen durch Buchdrucker – Fallstudie

Der Buchdrucker profitiert von trockener und heißer Witterung und befällt bevorzugt bereits vorgeschädigte oder geschwächte Bäume. Befallsdaten aus acht Bundesländern machen deutlich, dass es in der Folge von Hitze- und Trockenjahren sowie von Sturmereignissen zu einem Schadholzaufkommen kommt, das gegenüber dem langjährigen Mittelwert deutlich höher ist.



Datenquelle: Zeitschrift AFZ - DerWald (Übersichtskapitel der Länder zum Waldschutz)

aufgrund des eher verregneten Monats Mai und eines kalten Septembers die Borkenkäferpopulation weniger stark entwickeln. Erst ab dem Jahr 2010 konnte in etwa wieder das Niveau des Schadholzaufkommens von vor dem Hitzesommer 2003 erreicht werden. Ablesbar sind auch die Folgen extremer Sturmjahre, die i. d. R. vermehrten Käferbefall an geschädigten oder umgeworfenen Bäumen nach sich ziehen. Damit begründet sich das überdurchschnittlich hohe Schadholzaufkommen in einem der Bundesländer im Jahr 2001 (nach dem Sturm Lothar im Dezember 1999) und in mehreren Bundesländern im Jahr 2008 (als Folge von Kyrill).

Der Buchdrucker steht stellvertretend für andere Schädlinge, die bedingt durch Witterungsveränderungen verbesserte Bedingungen zur Vermehrung vorfinden. Neben den Borkenkäfern werden an den Nadelbäumen auch vermehrt Schäden durch die Tannentrieblaus und durch Pilze als Folgen des Klimawandels diskutiert. Bei den Laubbäumen sind es unter anderem der Maikäfer, der Eichenprozessions- und Schwammspinner sowie der Eichenprachtkäfer, die Miniermotte an Rosskastanien und der Kleine Buchenborkenkäfer an der Buche, deren vermehrtes Auftreten mit der zunehmend warmen und sommertrockenen Witterung in Zusammenhang gebracht wird.



Die rasche Räumung von Käferholz aus den Beständen ist eine große forstwirtschaftliche Herausforderung. Aber nur schnell geerntetes Holz ist noch nutzbar. (Foto: schemmi / pixelio.de)

## Schnittstellen

FW-I-4: Schadholz – Umfang zufälliger Nutzungen  
GE-I-4: Gefährdung durch Eichenprozessionsspinner

## Ziele

Anstreben möglichst stabiler, gemischter Bestände mit größerer Widerstandsfähigkeit gegen großflächige Unglückereignisse u. a. durch Stürme und Borkenkäfer (DAS, Kap. 3.2.7)

Anbau standortgerechter Baumarten mit hoher Widerstandsfähigkeit und Wuchsleistung (Waldstrategie 2020, S. 23)

## Trotz zunehmender Waldbrandgefahr nicht mehr Waldbrände

Gegenüber Schäden durch Sturmwurf, Bruch und Schädlinge spielen jene durch Waldbrände in den meisten Regionen Deutschlands bislang eine eher untergeordnete Rolle. In Brandenburg sowie den klimatisch eher kontinental geprägten Regionen Mecklenburg-Vorpommerns, Sachsens, Sachsen-Anhalts und Niedersachsens, die zu den klassischen Anbaugebieten der Kiefer gehören und vor allem bei längeren sommerlichen Trockenperioden zu hoher Brandgefährdung neigen können, sind Waldbrände allerdings relevante Gefährdungsfaktoren.

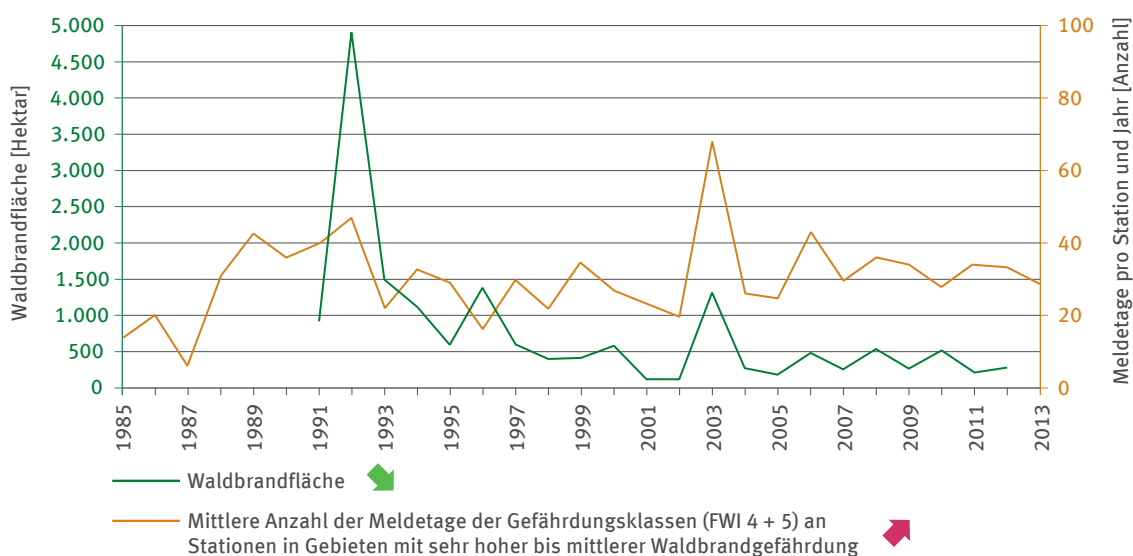
Für die Entstehung von Waldbränden sind zahlreiche Faktoren verantwortlich. Wichtige Zündursachen sind vor allem fahrlässiges Handeln und Brandstiftung. Ob es nach erfolgter Anfangszündung zu einem Waldbrand kommt, hängt im Wesentlichen von der Menge trockenen, brennbaren Materials und damit von der Witterung und Bestandsstruktur ab. Für die Feuerausbreitung sind

dagegen die Windgeschwindigkeit sowie die Feuerüberwachungs- und Feuerlöschkapazitäten entscheidend. Mit Ausnahme der Witterung verändern sich alle genannten Ursachenfaktoren i. d. R. eher kontinuierlich. Kommt es dagegen in einzelnen Jahren zu sprunghaften Veränderungen, wie z. B. im Jahr 2003, in dem es besonders häufig auch großflächig zu Waldbränden kam, dann lässt sich das i. d. R. auf extreme Witterungsverhältnisse mit starker Trockenheit in den Frühjahrs-, Sommer- und Herbstmonaten und großer Hitze zurückführen.

In Deutschland nehmen gemäß Bundesstatistik seit 1991 sowohl die Anzahl der Waldbrände als auch die von Bränden betroffene Fläche signifikant ab. Die Tatsache, dass die Brandfläche stärker zurückgeht als die Anzahl der Brände, deutet darauf hin, dass es zunehmend besser gelingt, Waldbrände bereits in einem frühen Stadium zu erkennen und erfolgreich einzudämmen. In der Tat

### FW-I-6: Waldbrandgefährdung und Waldbrand

In den letzten knapp zwanzig Jahren haben sowohl die Anzahl als auch die Fläche von Waldbränden signifikant abgenommen, und dies bei gleichbleibender bzw. sogar in einzelnen Gebieten steigender witterungsbedingter Waldbrandgefährdung. Die Bemühungen um eine Verbesserung der Prävention und eine effektive Waldbrandbekämpfung waren bisher erfolgreich.



Datenquelle: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (Waldbrandstatistik der Bundesrepublik Deutschland), DWD (regionalisierter kanadischer FWI)

haben die Bundesländer in den zurückliegenden Jahren mit finanzieller Unterstützung der EU in erheblichem Umfang in die Waldbrandverhütung und die Verbesserung der Infrastruktur zur Früherkennung und Bekämpfung von Waldbränden investiert. So sind beispielsweise die alten Feuerwachtürme in den besonders waldbrandgefährdeten östlichen Bundesländern und im waldbrandgefährdeten Osten Niedersachsens durch digitale und funkgesteuerte optische Sensoren ersetzt worden, die eine unmittelbare Informationsweiterleitung an die Waldbrandzentralen ermöglichen. Ferner wurden klassische Vorsorgemaßnahmen wie die Anlage von Wundstreifen und Wasserentnahmestellen weiter vorangetrieben sowie die Information der Öffentlichkeit verbessert. Letztere ist nicht nur mit Blick auf fahrlässiges Handeln von Bedeutung, sondern unterstützt auch die Bereitschaft von Waldbesuchern, im Brandfall frühzeitig (i. d. R. über das eigene Mobiltelefon) die Feuerwehr zu alarmieren und damit ein schnelles Eingreifen zu ermöglichen.

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel wird eine Erhöhung der Waldbrandgefährdung diskutiert, denn in den kritischen Monaten wird es wärmer und trockener. Die witterungsbedingte Waldbrandgefährdung wird mit einem Indexwert ausgedrückt. Je höher dieser Wert auf der 5-stufigen Skala ist, desto höher ist die Waldbrandgefährdung. Die Zeitreihe zur Anzahl jener Tage, für die in den letzten Jahren hohe Indexwerte der Stufen 4 und 5 gemeldet wurden, zeigt signifikant steigende Werte.

Die witterungsbedingte Waldbrandgefährdung und das Auftreten von Waldbränden entwickelten sich in den letzten Jahren nicht immer richtungsgleich. So lässt sich das umfangreiche Waldbrandgeschehen im Jahr 1992 nicht allein mit den extrem trockenen, wenn auch nicht ganz so heißen Witterungsbedingungen begründen. Vielmehr waren die Waldbrände auch die Folge eines gewissen Zuständigkeitsvakuums, das durch Umstrukturierungsprozesse in der Waldbrandprävention und -bekämpfung in den östlichen Bundesländern zustande gekommen war. Allein in Brandenburg sind in diesem Jahr 2.000 Hektar Wald des Bundesforstes verbrannt. In den Jahren 2003 und 2006 traf der heiße und trockene Sommer dagegen auf fortentwickelte und gut funktionierende Strukturen, sodass deutlich geringere Schäden durch Waldbrand zu beklagen waren.

Mit der Zunahme heißer und trockener Witterungen werden die Herausforderungen in der Waldbrandprävention und -bekämpfung eher zu- als abnehmen. Die kontinuierliche Verbesserung der Systeme ist daher eine Daueraufgabe.



Mit dem Klimawandel kann die Waldbrandgefahr steigen. Die Anforderungen an die Waldbrandprävention und -bekämpfung werden zunehmen. (Foto: cmon / fotolia.com)

## Schnittstellen

BS-I-1: Einsatzstunden bei wetter- und witterungsbedingten Schadenereignissen

## Ziele

Verhütung von Waldbränden, ihrer Ursachen und Folgen (Verordnung (EG) Nr. 2152/2003 für das Monitoring von Wäldern und der Umweltwechselwirkungen in der Gemeinschaft – Forest Focus, Art. 1)

Vorbeugung von Waldbränden (Waldgesetze der Länder)

## Kronenverlichtung durch Klimawandel?

Der Kronenzustand galt viele Jahre als geeigneter Indikator, um die Auswirkungen von Schadstoffbelastungen auf die Vitalität der Waldbäume abzubilden. Heute weiß man, dass die Ursachen vielfältiger sind und in komplexer Weise zusammenwirken. Das Witterungsgeschehen ist inzwischen stärker ins Blickfeld geraten, denn Zusammenhänge zwischen dem zeitlichen Verlauf der Nadel- und Blattverluste und dem sommerlichen Witterungsverlauf sind offensichtlich geworden.

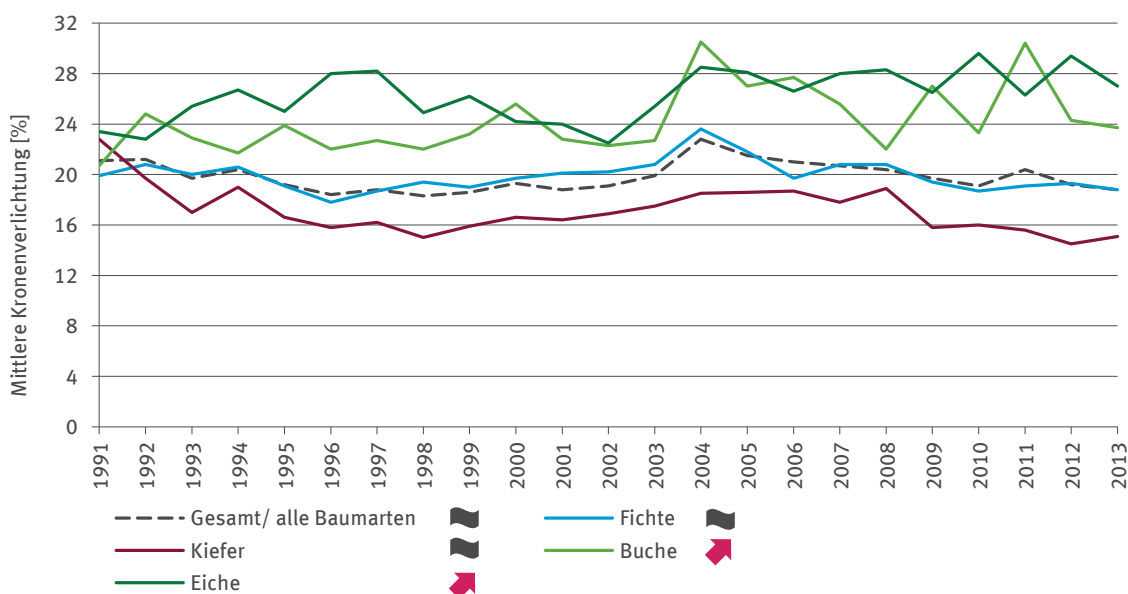
In allen Statistiken zur Entwicklung des Waldzustands der vergangenen Jahre stechen die Folgen des Hitzejahrs 2003 mit verstärkten Blatt- und Nadelverlusten bei den Hauptbaumarten besonders hervor. Lediglich bei der trockenheitstoleranten Kiefer zeigten sich im Folgejahr 2004 keine signifikanten Veränderungen gegenüber den Vorjahren. Blatt- und Nadelverluste können dabei direkte Folge von Trockenheit und Hitze sein oder auch indirekt durch verstärkten Schädlingsbefall zustande kommen. Aufgrund der beschriebenen Zusammenhänge liegt es

nahe, einen Einfluss des Klimawandels auf den Kronenzustand der Waldbäume zu diskutieren.

Wenn Bäume ihr Blätter und Nadeln verlieren, dann bedeutet das allerdings nicht zwangsläufig, dass sie geschädigt sind. Bei Laubbäumen ist die spontane Reduzierung der Blattmasse unter ungünstigen Bedingungen zumeist eine angemessene Anpassungsreaktion. Die Bäume können auf diese Weise zu großen Wasserverlusten vorbeugen. Kritisch wird es nur dann, wenn infolge einer Häufung von Jahren mit Trockenstress die Kronenverlichtung zum Dauerzustand wird. Dann wird es zwangsläufig zu Produktivitätseinbußen oder gar zum Absterben von Bäumen kommen. Bei Nadelbäumen ist die Situation etwas anders, denn Nadelbäume reagieren weniger spontan mit Nadelverlusten, da sie mehr in ihre dauerhafteren Nadeln investieren müssen. In diesen Fällen liegt es daher näher, von einer Schädigung der Bäume auszugehen, wenn die Krone lichter wird.

### FW-I-7: Waldzustand

Derzeit gibt es keine Anzeichen, dass sich der Waldzustand aufgrund von Klimaveränderungen kontinuierlich verschlechtert. Die Auswirkungen besonders heißer und trockener Jahre wie z. B. des Jahres 2003 äußern sich aber – mit Ausnahme der Kiefer – bei allen Hauptbaumarten in deutlichen Nadel- und Blattverlusten. Bei den Laubbäumen hat sich der Waldzustand seit 1991 signifikant verschlechtert.



Datenquelle: BMEL (Bundesweite Waldzustandserhebung)



Noch schwieriger wird die Interpretation von Nadel- und Blattverlusten, wenn man zusätzlich die Zusammenhänge mit der Fruchtbildung berücksichtigt. Auch diese kann erheblichen Einfluss auf den Kronenzustand nehmen. In sogenannten Mastjahren mit besonders starker Fruchtbildung investieren die Bäume weniger in ihre Blatt- und Nadelmasse. Die Krone erscheint dann transparenter. Über die Gesetzmäßigkeiten der Fruchtbildung gibt es aber bislang nur wenige Informationen, auch wenn Zusammenhänge mit dem Klimawandel diskutiert werden. Während es beispielsweise bei der Buche und Eiche früher nur rund alle sechs bis sieben Jahre zu Mastjahren kam, liegt die Häufigkeit heute zwischen zwei und drei Jahren. Erwiesen ist ein Zusammenhang mit dem Klimawandel aber noch nicht.

Noch gibt es keine Anzeichen dafür, dass sich der Waldzustand infolge der Klimaveränderungen kontinuierlich verschlechtert. Es ist aber nachweisbar, dass widrige Witterungseinflüsse, insbesondere heiße und trockene Sommer, zu Nadel- und Blattverlusten führen. Sollten sich diese Extrembedingungen in Zukunft vermehrt einstellen und der Umbau des Waldes zu trocken- und hitzetoleranteren Beständen nicht schnell genug voranschreiten, könnte dies tatsächlich verstärkte Waldschäden zur Folge haben.



Kronenverlichtung kann viele Ursachen haben. Witterungsextreme sind eine davon.  
(Foto: XK / fotolia.com)

## Schnittstellen

FW-I-5: Schadholzaufkommen durch Buchdrucker – Fallstudie

## Ziele

Steigerung der Stabilität, Vielfalt und Naturnähe der Wälder (Waldstrategie 2020, S. 23)

## Mischwälder – Vielfalt streut das Risiko

Unter Waldexperten besteht Übereinstimmung, dass sich der Klimawandel ab der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts besonders stark auf den Wald auswirken wird. Die möglichen Klimawandel-Szenarien sehen aber durchaus unterschiedlich aus. Das bedeutet, dass die Forstwirtschaft mit erheblichen Planungsunsicherheiten umgehen muss. Gleichwohl ist es möglich, die verschiedenen Wahrscheinlichkeiten der zukünftigen Klimaentwicklung im Planungsprozess zu berücksichtigen. Die Baumartenmischung ist ein wichtiger Ansatzpunkt, um die Bestände stabiler und vitaler zu machen und damit die wichtigen Waldfunktionen auch für die Zukunft sicherzustellen. Die Steuerung der Baumartenmischung bedarf allerdings aufgrund der Langlebigkeit der Waldbäume weit vorausschauender Waldumbaustrategien.

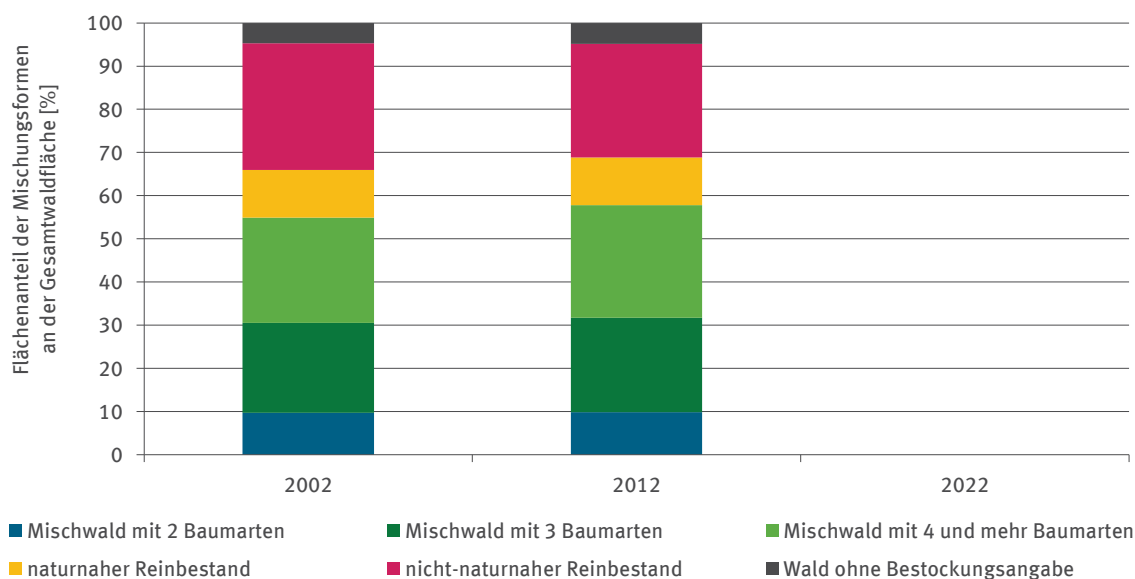
Mit der gezielten Förderung von Mischwäldern verfolgen die Forstwirte eine Strategie der Risikostreuung unter dem Motto: Je mehr unterschiedliche Bäume eine Waldgemeinschaft bilden und je vielfältiger die

Waldstrukturen sind, desto geringer wird das Risiko sein, dass im Falle einer schleichenden oder plötzlichen Veränderung der Standortbedingungen der gesamte Wald von Schäden betroffen sein wird oder gar ganz zusammenbricht. Es wird dann immer einzelne Arten geben, die auch mit den neuen Bedingungen gut zurechtkommen und die Grundlage einer neuen Bestandsentwicklung bilden können. Außerdem ist Baumartenvielfalt meist auch mit einem hohen Maß an Struktur- und Lebensraumvielfalt verbunden. Damit einher gehen vielfältige Lebensräume für Gegenspieler von Schaderregern und in der Folge geringere Ausbreitungs- und Befallsmöglichkeiten als in homogenen Reinbeständen. Die Anfälligkeit von Mischbeständen gegenüber Schaderregern ist daher häufig geringer. Aus Produktionsgesichtspunkten kann eine Diversifizierung im Baumbestand auch eine geeignete Antwort auf unsichere zukünftige Holzpreise sein.

Gleichförmige und artenarme Bestände stehen aus den genannten Gründen derzeit im besonderen Fokus

### FW-R-1: Mischbestände

Angesichts unsicherer Vorhersagen zur künftigen Klimaentwicklung ist die Förderung der Arten- und Strukturvielfalt im Wald eine geeignete Strategie, das Risiko zu streuen. Mischwälder aus zwei und mehr Baumarten bedeckten im Jahr 2002 knapp 54,9 %, in 2012 bereits 57,8 % der Waldfläche. Lässt man den Anteil naturnaher Reinbestände außer Acht, ließe sich noch auf etwa einem Viertel der gesamten Waldfläche der Mischwaldanteil weiter steigern.



Datenquelle: Thünen-Institut für Waldökosysteme (Auswertungen der Bundeswaldinventur)

forstwirtschaftlicher Bemühungen zum Waldumbau; hier wird die größte Handlungsnotwendigkeit gesehen. Grundsätzlich besteht das Ziel, diese Bestände in vielfältigere Bestände umzuformen und damit die erwünschte Risikostreuung zu erreichen. Gleichzeitig müssen jedoch die spezifischen standörtlichen Voraussetzungen, Ertragsaspekte und andere Waldfunktionen im Blick bleiben. Auf bestimmten Standorten stellen sich von Natur aus Reinbestockungen mit Bäumen einer Art wie beispielsweise der Buche ein, auf anderen entwickeln sich natürlicherweise Mischbestockungen sehr unterschiedlicher Ausprägung. Grundsätzlich gilt, dass dem Anteil von Mischbeständen natürlicherweise Grenzen gesetzt sind, allerdings ist das Optimum an Mischung in den deutschen Wäldern noch lange nicht erreicht.

Die Mischbestandsfläche nimmt in den deutschen Wäldern zu, und mit Blick auf Anpassungserfordernisse geht die Entwicklung in die richtige Richtung. Die Bundeswaldinventur aus dem Jahr 2002 ergab, dass knapp 55 % der Waldfläche gemischt und rund 45 % ungemischt bestockt sind. Zu den restlichen knapp 5 % lagen keine Bestockungsangaben vor. Die Ergebnisse aus der Folgeinventur im Jahr 2012 zeigen, dass sich der Anteil der Mischwaldfläche auf knapp 58 % erhöht hat. Die Fläche der naturnahen Reinbestände ist mit 11 % stabil geblieben. Die nicht-naturnahen Reinbestände, die vor allem aus Fichte und Kiefer bestehen und auf die sich die Bemühungen zum Waldumbau konzentrieren, sind im genannten Zeitraum um 3 Prozentpunkte zurückgegangen.

Für die Bewertung des Ergebnisses ist nicht relevant, ob die Zunahme der Mischbestände letztendlich Ergebnis zielgerichteter Waldumbaumaßnahmen ist oder sich diese Veränderungen spontan, d. h. im Zuge natürlicher Sukzessionsprozesse, vollziehen.



Die Klimaprojektionen sind unsicher, mit der Mischung von Baumarten sind die Förster und Waldbauern auf der sicheren Seite. (Foto: Schlegelfotos / fotolia.com)

## Schnittstellen

FW-R-2: Förderung des Waldumbaus  
 FW-R-4: Erhaltung forstgenetischer Ressourcen  
 FW-R-3: Umbau gefährdeter Fichtenbestände

## Ziele

Die Waldeigentümer sollten den Waldumbau von Reinbeständen in standortgerechte, risikoarme Mischbestände voranbringen (DAS, Kap. 3.2.7).

Begründung vielfältiger, stabiler und ertragsstarker Mischwälder (Waldstrategie 2020, S. 23)

Erhaltung der Waldfläche in Deutschland und Steigerung der Stabilität, Vielfalt und Naturnähe der Wälder. Anbau standortgerechter Baumarten mit hoher Widerstandsfähigkeit und Wuchsleistung (Waldstrategie 2020, S. 23)

Anpassung der Wälder an die Herausforderungen des Klimawandels z. B. durch Anbau möglichst vielfältiger Mischbestände (NBS, Kap. B 1.2.1)

Kontinuierliche Reduktion des Anteils nicht-standortheimischer Baumarten (NBS, Kap. B 1.2.1)

Erhaltung und Entwicklung der natürlichen und naturnahen Waldgesellschaften (NBS, Kap. B 1.2.1)

## Aktiver Waldumbau – der Natur auf die Sprünge helfen

Naturverjüngung gilt i. d. R. als eine günstige und die natürlichste Form der Walderneuerung. Die forstlichen Eingriffe konzentrieren sich dabei auf die Entfernung hiebsreifer Einzelbäume aus dem Bestand. Dadurch entstehen Lücken, die ausreichen, um den Keimlingen aus Samen der umstehenden Bäume ausreichend Licht zum Aufwachsen zur Verfügung zu stellen. Im traditionellen naturnahen Waldumbau wird zumeist ausschließlich mit dem Verfahren der Naturverjüngung gearbeitet.

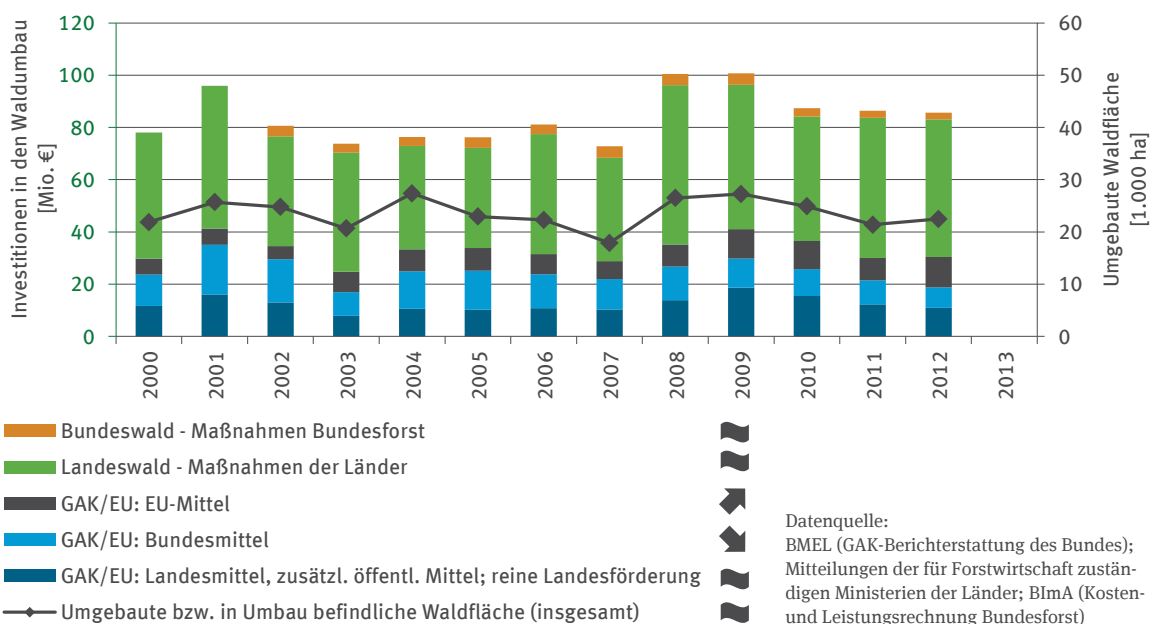
Die Anpassung der Wälder an die veränderten Klimabedingungen erfordert allerdings in vielen Fällen einen zielgerichteten Umbau des existierenden Bestands. Naturverjüngung führt nicht immer zu einem Baumartenwechsel, vor allem wenn keine Samenbäume von geeigneten Baumarten in der Umgebung zu finden sind. Ausnahmen bilden höchstens Aufwüchse aus natürlichem Samenflug mit sehr leichten Samen von beispielsweise Kiefern, Birke oder Pappeln, die auch aus größerer Entfernung in einen Bestand eingeweht werden können.

Um nicht standortgerechte Nadelholzbestände in Mischwäldern umzubauen oder auch gezielt wärmetolerante nicht-heimische Arten in Bestände einzubringen, sind Verfahren der künstlichen Verjüngung zwingend erforderlich. Dabei werden die gewünschten Baumarten durch Saat oder Pflanzung in die Bestände eingebracht und durch Schutzmaßnahmen in ihrem Aufwuchs gesichert. Auf diesem Wege können auch gezielte Ergänzungen der spontanen Naturverjüngung vorgenommen werden.

Der Waldumbau ist als Ziel und zu fördernde Maßnahme inzwischen in zahlreichen forstlichen Strategien und Programmen auf Bundes- und Landesebene verankert. Sowohl von der EU als auch von Bund und Ländern werden diesen Zielen entsprechend finanzielle Mittel für den Waldumbau im Privat- und Körperschaftswald sowie im Staatswald bereitgestellt. Die Finanzierungsmechanismen sind in den einzelnen Bundesländern sehr verschieden.

### FW-R-2: Förderung des Waldumbaus

Der Waldumbau im Staats-, Körperschafts- und Privatwald wird über Förderungen mit EU-, Bundes- und Landesmitteln sowie aus Haushaltsmitteln finanziert vorangetrieben. In den zurückliegenden Jahren sind im Schnitt jährlich ca. 23.500 Hektar Wald umgebaut worden. In diesen Umbau sind Finanzmittel in Höhe von durchschnittlich rund 84 Millionen Euro pro Jahr geflossen.



Für den Privat- und Körperschaftswald bilden die aus der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) und dem Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) bereitgestellten Fördermittel den deutlich überwiegenden Teil der Förderaktivitäten ab. Dabei werden von den Bundesländern die EU-, Bundes- und Landesmittel unterschiedlich kombiniert. Zusätzlich unterstützen wenige Länder im Rahmen von Forst- oder Waldförderrichtlinien oder spezifischen Programmen Waldumbaumaßnahmen mit alleinigen Landesmitteln. Seit dem Jahr 2000 sind auf diese Weise jährlich zwischen 25 und 41 Millionen Euro in den Umbau des Privat- und Körperschaftswalds geflossen.

Im Landeswald wird der Waldumbau nahezu ausschließlich im Rahmen der „normalen“ forstwirtschaftlichen Bewirtschaftung, die aus Haushaltsmitteln finanziert ist, vorangetrieben. Aktive Umbaumaßnahmen, die bei der Berechnung des Indikators berücksichtigt werden, dienen i. d. R. dem Ziel, standortgerechte Baumarten zu etablieren und eine größere Baumartenmischung herbeizuführen. Hierzu zählen neben Maßnahmen der Wiederaufforstung auch Maßnahmen der Ergänzung der Naturverjüngung sowie des Vor- und Unterbaus. Mit dem Voranbau verschafft man den meistens langsamwüchsigen Mischbaumarten einen Wuchsvorsprung im jungen Bestand; bei der Ergänzung der Naturverjüngung werden nachträglich die gewünschten Baumarten in bereits mittelalte Bestände eingebracht; der Unterbau etabliert eine zweite Bestandsschicht in einem älteren Bestand. Die Länder haben seit dem Jahr 2000 zwischen 38 und 55 Millionen Euro in den Waldumbau investiert.

Der bundeseigene Wald umfasst in Deutschland nur 4 % der Waldfläche. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um Wald auf (ehemaligen) Truppenübungsplätzen sowie entlang von Bundeswasserstraßen und Autobahnen, die von der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben mit ihrer Sparte Bundesforst betreut werden. Auch für den Bundeswald ist es ausdrückliches Ziel, nicht standortgerechte Bestände in stabile und naturnähere Mischbestände umzubauen. Im Mittel hat der Bundesforst in den letzten Jahren rund 3,7 Millionen Euro für Maßnahmen des Waldumbaus aufgebracht.

Gemessen am bundesweiten Anteil des Landeswalds von 29 % an der gesamten Waldfläche ist der Anteil der in den Umbau des Landeswalds fließenden Mittel am bundesweiten Mitteleinsatz überproportional hoch. Im Schnitt der letzten 13 Jahre betrug er fast 56 %. Der Anteil der Mittel zum Umbau der Privat- und Körperschaftswälder, die rund 67 % der Gesamtwaldfläche



In nicht standortgerechten Wäldern müssen mitunter gezielt Baumarten eingebracht werden, um die Bestände anpassungsfähig zu machen. (Foto: Roland Günter / BayStMELF)

ausmachen, ist demgegenüber mit durchschnittlich 39 % geringer.<sup>16</sup> Dies hat seinen Grund auch darin, dass gerade im Privatwald viele Waldbesitzer Waldumbaumaßnahmen durchführen, für die sie keine Förderung beantragen und zu deren Umfang daher auch keine Informationen verfügbar sind.

## Schnittstellen

FW-R-1: Mischbestände

FW-R-3: Umbau gefährdeter Fichtenbestände

## Ziele

Die Waldeigentümer sollten den Waldumbau von Reinbeständen in standortgerechte, risikoarme Mischbestände voranbringen. (DAS, Kap. 3.2.7)

Anbau standortgerechter und überwiegend heimischer Baumarten mit hoher Widerstandsfähigkeit und Wuchsleistung (Waldstrategie 2020, S. 23)

Anpassung der Wälder an die Herausforderungen des Klimawandels z. B. durch Anbau möglichst vielfältiger Mischbestände (NBS, Kap. B 1.2.1)

Kontinuierliche Reduktion des Anteils nicht-standortheimischer Baumarten (NBS, Kap. B 1.2.1)

Erhaltung und Entwicklung der natürlichen und naturnahen Waldgesellschaften (NBS, Kap. B 1.2.1)

## Gefährdete Nadelholzbestände gezielt reduzieren

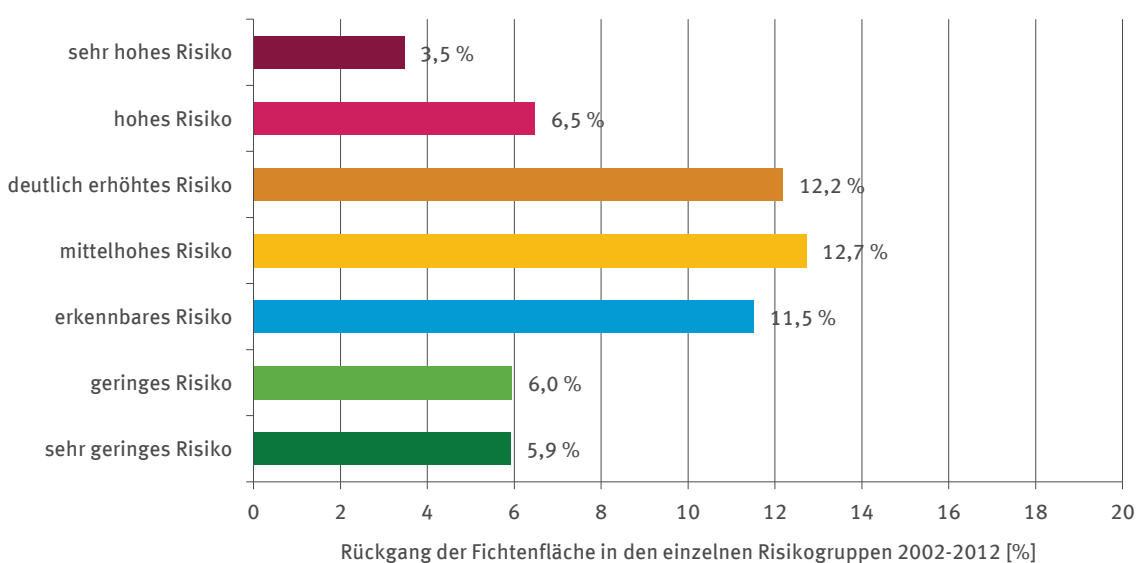
Im Fokus des Waldumbaus stehen heute insbesondere reine Nadelholzbestände auf Flächen, auf denen sie bereits heute nicht standortgerecht sind oder dies durch den Klimawandel bedingt künftig nicht sein werden. Nicht naturnahe Reinbestände von Kiefer spielen insbesondere in der nordostdeutschen Tiefebene eine herausragende Rolle, während die Fichte im zentralen und südlichen Deutschland und in höheren Lagen angebaut wird. Forstwirtschaftliche und ökologische Probleme mit nicht standortgerechten Fichtenbeständen gibt es insbesondere auf den warm-trockenen Standorten. Aus diesem Grunde sollte sich der Waldumbau mit erster Priorität auch auf diejenigen Standorte konzentrieren, die schon heute als kritisch einzustufen sind und auf denen sich mit Blick auf die Klimaprojektionsergebnisse die Anbauprobleme voraussichtlich noch weiter verschärfen werden.

Bei der differenzierten Analyse der Entwicklung der Fichtenfläche zwischen 2002 und 2012 wird deutlich, dass

in diesem Zeitraum bundesweit gesehen noch keine systematischen und speziell auf die Hochrisikogebiete des Fichtenanbaus ausgerichteten Waldumbaumaßnahmen stattgefunden haben. Legt man die mittlere klimatische Situation der Periode 1961-1990 zugrunde, an deren Ende mit dem gezielten Waldumbau begonnen wurde, ließen sich im Jahr 2002 rund 6,6 % der Fichtenfläche Gebieten mit einem hohen bis sehr hohen Fichtenanbaurisiko zuordnen. In diese Risikoklassen werden Gebiete mit einer jährlichen Durchschnittstemperatur von über 8 °C und einer Jahresniederschlagssumme von weniger als 800 mm eingestuft. Mit dem Ziel einer nachhaltigen forstlichen Bewirtschaftung sollte die Fichte in diesen Gebieten eigentlich nur als Mischbaumart in mäßigen bis sehr geringen Anteilen in die Bestände eingebracht werden. In den deutschen Wäldern war sie in 2002 innerhalb dieser vergleichsweise warm-trockenen Gebiete aber noch auf ca. 196.700 Hektar Fläche die Hauptbaumart, d. h. sie machte dort mehr als 90 % der Gesamtbestockung aus. Bis zum Jahr 2012 reduzierte sich diese

### FW-R-3: Umbau gefährdeter Fichtenbestände

Der Waldumbau von Fichtenreinbeständen schreitet voran. Die Umbaumaßnahmen konzentrierten sich zwischen 2002 und 2012 aber noch nicht systematisch auf die Gebiete mit besonders warm-trockenen Klimaverhältnissen, in denen das Anbaurisiko deutlich erhöht bis sehr hoch ist.



Datenquelle: Thünen-Institut für Waldökosysteme, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Modellierung auf der Basis der Bundeswaldinventur)

Fläche nur geringfügig auf ca. 186.100 Hektar und hatte einen Anteil von 6,7 % an der gesamten Fichtenfläche. Ursachen für den Rückgang können entweder gezielte Waldumbaumaßnahmen sein oder Bestandzerstörungen durch Kalamitäten wie beispielsweise Borkenkäferbefall. Dass der Rückgang in diesen zehn Jahren nur so gering ausgefallen ist, könnte zum einen daran liegen, dass viele Bestände in diesen Risikoklassen die Hiebsreife noch nicht erreicht haben und aus wirtschaftlichen Gründen noch nicht mit dem gezielten Waldumbau begonnen wurde. Zum anderen ist es möglich, dass die im Rahmen von Umbaumaßnahmen unterpflanzten Bäume noch zu geringe Stammdurchmesser haben, um in der Inventur bereits erfasst zu werden.

Im bundesweiten Rahmen ist für den Zeitraum 2002 bis 2012 also noch nicht klar erkennbar, dass für die Gebiete mit deutlich erhöhtem bis sehr hohem Fichtenanbaurisiko besonders intensive Bemühungen zur Ablösung der Fichte durch weniger anfällige Arten unternommen worden wären. Die stärkste absolute Reduzierung der Fichtenfläche hat sich mit fast 108.100 Hektar sogar in Gebieten mit sehr geringem Risiko vollzogen, in denen die standörtlichen Verhältnisse den Anbau der Fichte als führende Baumart auch weiterhin möglich machen. Allerdings ist diese Risikokategorie auch bei weitem die flächenmäßig größte. Die durch den Risikoindikator nicht abgedeckten Sturmrisiken haben hier vermutlich eine wichtige Rolle bei der Umbauentscheidung gespielt.

In der aktuellen Diskussion um einen klimagerechten Waldumbau stehen die standortgerechten Fichtenbestände im besonderen forstwirtschaftlichen Fokus.

Die Risikogruppen in der Abbildung sind wie folgt definiert:

- sehr geringes Risiko = Fichte als führende Baumart möglich
- geringes Risiko = als führende Baumart mit ausreichender Beimischung anderer Baumarten möglich
- erkennbares Risiko = als Mischbaumart in hohen Anteilen möglich
- mittelhohes Risiko = als Mischbaumart in mittleren Anteilen möglich
- deutlich erhöhtes Risiko = als Mischbaumart in mäßigen Anteilen möglich
- hohes Risiko = als Mischbaumart in geringen Anteilen möglich
- sehr hohes Risiko = als Mischbaumart in sehr geringen Anteilen möglich



Beim Waldumbau müssen die besonders risikoreichen Fichtenreinbestände Priorität haben.  
(Foto: Tobias Bosch / LWF)

Möglicherweise ist bis zur nächsten Inventur in zehn Jahren vielerorts die Verjüngung anderer Baumarten unter Fichtenaltbeständen soweit aufgewachsen, dass sie dann im Hauptbestand mit erfasst wird und sich dementsprechend 2022 ein anderes Bild zeigt.

## Schnittstellen

FW-I-2: Gefährdete Fichtenbestände  
FW-R-1: Mischbestände

## Ziele

Die Waldeigentümer sollten den Waldumbau von Reinbeständen in standortgerechte, risikoarme Mischbestände voranbringen. [...] Bei der Wahl der Baumarten [...] muss darauf geachtet werden, dass sie dem Standort und seiner zu erwartenden Entwicklung angepasst sind. (DAS, Kap. 3.2.7)

Anbau standortgerechter und überwiegend heimischer Baumarten mit hoher Widerstandsfähigkeit und Wuchsleistung (Waldstrategie 2020, S. 23)

## Genetische Vielfalt – Schlüssel zur Anpassung

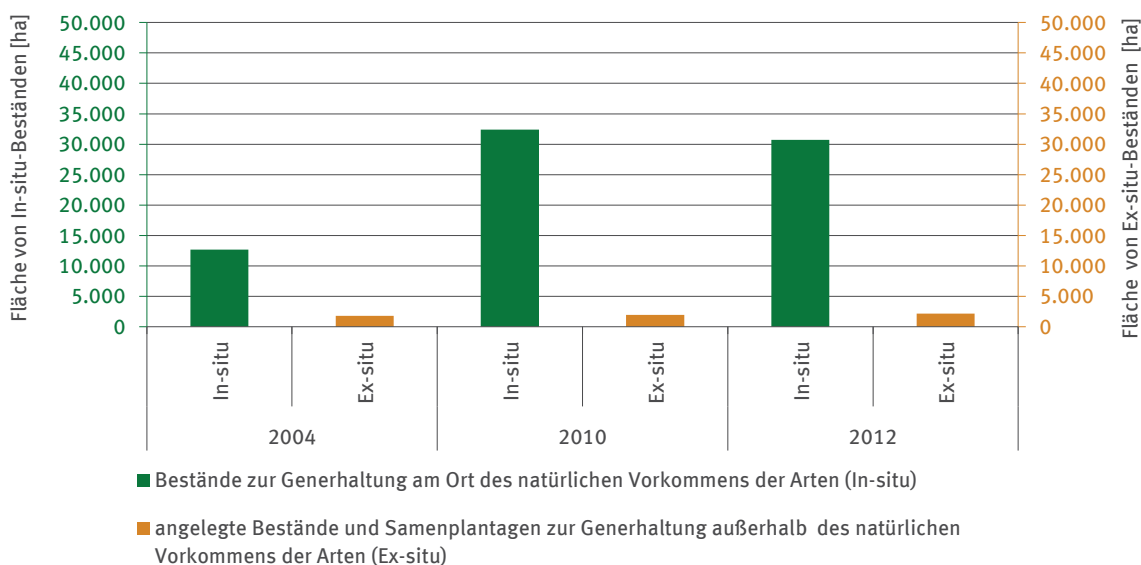
Das genetische System ist grundlegend für das Überleben von Arten und mithin des gesamten Ökosystems, denn es ist letztendlich die Voraussetzung für Veränderung, Anpassung und Evolution. Wo es eine hohe genetische Vielfalt gibt, können neue genetische Informationen erzeugt werden und sich auf diese Weise Arten weiterentwickeln und an veränderte Umweltbedingungen anpassen. Forstgenetische Ressourcen sind daher von grundlegender Bedeutung für das Entwicklungspotenzial von Waldökosystemen. Sie sichern die Anpassungsfähigkeit der Wälder und damit eine zukunftsfähige Waldwirtschaft. Das in Waldbeständen vorhandene genetische Anpassungspotenzial muss daher unter allen Umständen erhalten und möglichst gezielt ausgebaut werden.

Bei den Maßnahmen zur Generhaltung unterscheidet man sogenannte In-situ- und Ex-situ-Maßnahmen. In-situ-Maßnahmen haben zum Ziel, die jeweilige genetische Ressource am Ort ihres Vorkommens zu erhalten. Ausgewählt werden dabei Bestände, die besonders vital

sind und sich natürlich vermehren. Sie lassen sich unter anderem gezielt für die Saatgutherstellung nutzen. In solchen ausgewiesenen Generhaltungswäldern und Erhaltungsbeständen genießt die Sicherstellung der natürlichen Vermehrung höchste Priorität. Künstliche Vermehrung darf nur mit ressourceneigenem Material stattfinden. Bei einigen Baum- und Straucharten kann außerdem der gezielte Schutz der Biotope für ihre Erhaltung entscheidend sein. In-situ-Maßnahmen lassen sich i. d. R. vorteilhaft in den Forstbetrieb integrieren. Ex-situ-Maßnahmen bestehen darin, spezifische Erhaltungsbestände oder Erhaltungssamenplantagen der betreffenden Arten anzulegen und zu pflegen sowie Saatgut, Pollen, Pflanzen oder Pflanzenteile unter kontrollierten Bedingungen einzulagern und auf diese Weise das genetische Material zu erhalten. Viele Ex-situ-Maßnahmen erfordern spezielle Einrichtungen und sind daher auch finanziell aufwändig. Dies ist auch der Grund, warum die Fläche für In-situ-Maßnahmen deutlich größer ist als die für Ex-situ-Maßnahmen.

### FW-R-4: Erhaltung forstgenetischer Ressourcen

Die In-situ- und Ex-situ-Erhaltungsbestände konnten in den zurückliegenden Jahren ausgeweitet werden. Sie stellen sicher, dass die genetische Vielfalt bei den häufigen und seltenen Baumarten erhalten bleibt. Damit werden grundlegende Voraussetzungen für die Bewahrung der Anpassungsfähigkeit der Wälder geschaffen.



Datenquelle: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (Generhaltungsobjekte: GENRES (Informationssystem genetische Ressourcen) – FGRDEU-Online (Nationales Inventar forstgenetischer Ressourcen))



In Deutschland werden Generhaltungsobjekte bereits seit den 1980er Jahren ausgewiesen bzw. gezielt angelegt. War am Anfang noch das Waldsterben die primäre Motivation für diese Maßnahmen, steht heute vielmehr die erforderliche Anpassung der Wälder an die sich verändernden klimatischen Rahmenbedingungen im Vordergrund. Der starke Selektionsdruck, der mit den sich rasch vollziehenden Klimaveränderungen einhergeht, erfordert ein hohes Maß an Anpassungskapazität. In Deutschland liegt die Verantwortung für Generhaltungsmaßnahmen bei den Ländern. Sie setzen Ex-situ- und In-situ-Maßnahmen in unterschiedlicher Intensität um. Es gibt dabei große Unterschiede in der Pflege und im Monitoring des Genpools. Auf Bundesebene werden die Informationen über die Generhaltungsobjekte in einem Nationalen Inventar forstgenetischer Ressourcen zusammengeführt. Die Daten werden im mehrjährigen Turnus aktualisiert und ergänzt.

Eine einfache Interpretation der Entwicklung der Generhaltungsobjekte in Deutschland ist nicht möglich. Von einem eindimensionalen „je mehr, desto besser“ kann nicht ausgegangen werden, denn für jede Baumart gibt es einen sinnvollen Umfang von Generhaltungsbeständen, über den hinaus eine Steigerung der Fläche oder des Umfangs der Einlagerung von Generhaltungsobjekten keine weitere Verbesserung der Absicherung bringt. Allerdings konnte dieser „sinnvolle Umfang“ noch nicht für alle Baumarten und Bundesländer definiert werden. Damit lässt sich derzeit auch noch nicht eindeutig bewerten, ob die derzeitigen Generhaltungsbemühungen für alle Arten ausreichend sind. Wichtig ist in erster Linie, dass das inzwischen erreichte Niveau der Generhaltung gesichert ist.

In Deutschland haben die Flächen der In-situ- und Ex-situ-Generhaltungsobjekte in den letzten Jahren zugenommen. Lediglich zwischen 2010 und 2012 gab es eine geringfügige Reduzierung der Fläche der In-situ-Bestände. Bei den häufigeren Waldbaumarten, für die das Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) die Erzeugung, das Inverkehrbringen sowie die Ein- und Ausfuhr von Forstvermehrungsgut regelt, ging die Fläche von In-situ-Beständen von knapp 30.000 Hektar auf ca. 26.350 Hektar zurück. Demgegenüber konnte innerhalb der Gruppe der seltenen und gefährdeten Baumarten, die nicht dem FoVG unterliegen, durch eine systematische und einheitliche Erfassung der Lage, Populationsgröße, des Vitalitätszustands und der Altersstruktur der Vorkommen von Flaum-Eiche, Elsbeere, Speierling, Wild-Apfel, Wild-Birne, Eibe, Feld-Ahorn, Grün-Erle, Grau-Erle und Gemeiner Trauben-Kirsche im selben Zeitraum eine Ausweitung der gemeldeten In-situ-Bestände von ca. 2.430 Hektar auf rund 4.360 Hektar erreicht werden.



Genetisch vielfältiges Saatgut ist Voraussetzung für die Anpassungsfähigkeit der Wälder.  
(Foto: Susanne Schmich / pixelio.de)

## Schnittstellen

FW-R-1: Mischbestände

## Ziele

Erhaltung der Vielfalt und eines angepassten Genpools von Baum- und Straucharten (Konzept zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland 2010, S. 29)

Erhaltung der genetischen Vielfalt der Forstpflanzen (Waldstrategie 2020, S. 23)

## Humus – Helfer in schweren Zeiten

Neben der Steuerung der Baumartenzusammensetzung haben Förster und Waldbauern weitere Möglichkeiten, die Anpassungsfähigkeit der Wälder an die sich verändernden Klimabedingungen zu fördern. Die Humuspflege ist dabei ein wichtiger Schlüssel zur Schaffung günstiger Wuchsbedingungen und höherer Stabilität, denn der Humus bzw. dessen wichtigster Bestandteil, der organische Kohlenstoff, sorgt für eine günstige Bodenstruktur und ist von großer Bedeutung für die Nährstoff- und Wasserversorgung der Waldbäume. Vor allem auf nährstoffarmen und eher trockenen Standorten können sich die Bedingungen für Waldbäume bei guter Humusversorgung deutlich verbessern.

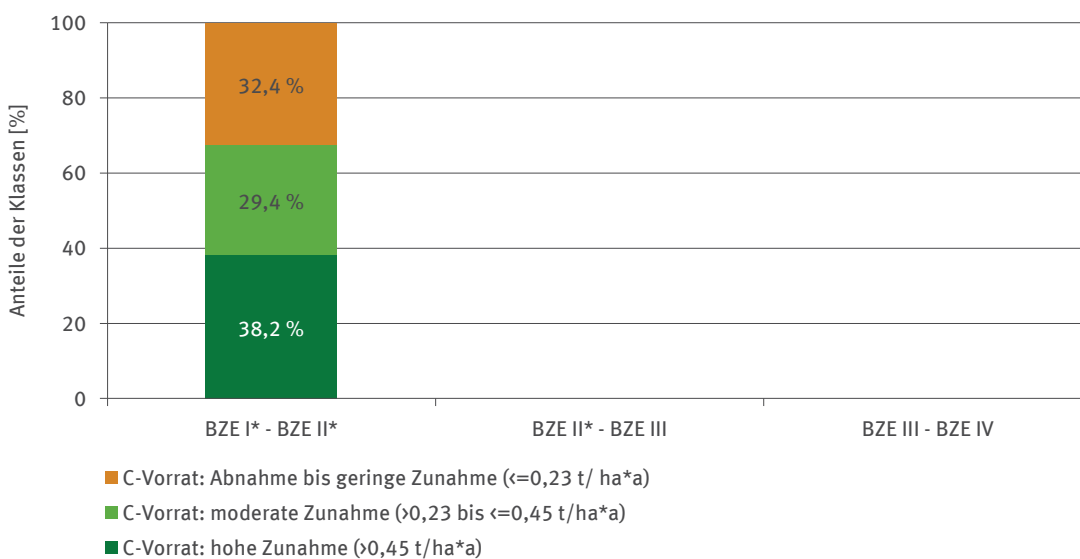
Die Wechselwirkungen zwischen Klimaveränderungen und dem Gehalt bzw. dem Vorrat an Humus gehen allerdings noch weit über den oben skizzierten Sachverhalt hinaus. Neben der günstigen Beeinflussung der Anpassungsfähigkeit der Wälder sind ausreichende Humusvorräte auch mit Blick auf den Klimaschutz erstrebenswert,

denn der Boden gehört zu den bedeutendsten Speichern von Kohlenstoff. Kohlenstoff, der im Boden festgelegt ist, ist nicht als klimarelevantes Kohlendioxid in der Atmosphäre. Die Humuspflege ist damit sowohl eine Anpassungs- als auch eine Klimaschutzmaßnahme. Als weitere Wechselwirkung werden der Einfluss der Witterung auf die Aktivität der Bodenmikroorganismen und damit die Auf- und Abbauprozesse von Humus diskutiert. Hier vollziehen sich allerdings auch gegenläufige Prozesse, deren Ergebnis sich noch nicht klar voraussehen lässt.

In Urwäldern ist die organische Substanz, die für die Humusbildung zur Verfügung steht, besonders hoch, da alle Bäume nach dem Absterben zersetzt werden und letztendlich die Humusvorräte aufbauen. Anders ist die Situation in Wirtschaftswäldern, denn bei der Holzernente wird ein Großteil des Kohlenstoffs aus dem Wald entnommen; in welchem Umfang hängt in erheblichem Maße vom Holzernterücklass ab. Je mehr Blätter, Nadeln oder Äste am Schlagort im Wald verbleiben, desto mehr

### FW-R-5: Humusvorrat in forstlichen Böden

Hohe Gehalte organischen Kohlenstoffs in Waldböden fördern die Wasserspeicherkapazität und verbessern die Nährstoffversorgung. Sie erleichtern es den Bäumen damit unter anderem auch, heiße und niederschlagsarme Perioden besser zu überstehen. Zwischen 1987 und 2008 gab es mehr Flächen, auf denen die Humusvorräte im Mineralboden zugenommen haben, als solche, auf denen es zu Abnahmen gekommen ist.



\* BZE I: 1987-1993; BZE II: 2006-2008

Datenquelle: Thünen-Institut für Waldökosysteme (Auswertung auf der Basis von Daten der Bodenzustandserhebung (BZE) im Wald)

„Nachschub“ für die Bildung organischer Substanz gibt es. Dabei spielt auch eine Rolle, wie gut der Ernterücklass auf den Hiebsflächen verteilt wird. Mit der Zunahme der Energieholznutzung gibt es allerdings einen vermehrten Anreiz auch zur Verwertung schwächerer Sortimente und von Kronenmaterial. Da – im Gegensatz zur Landwirtschaft – die technischen Möglichkeiten zu einem Ausgleich von Kohlenstoff- und Nährstoffausträgen im Wald jedoch sehr beschränkt sind, ist es letztendlich entscheidend, dass die Nutzungsintensität den standörtlichen Voraussetzungen bestmöglich angepasst wird. Nur so kann eine ausreichende Humusbildung sichergestellt werden.

Im Rahmen der Bodenzustandserhebung im Wald werden bundesweit Erhebungen zu den Kohlenstoffvorräten in den oberen 30 cm des Mineralbodens und der Humusauflage im Wald durchgeführt. Die bisherigen Daten ermöglichen den Vergleich der Situation im Zeitraum 1987 bis 1993 mit der des Zeitraums 2006 bis 2008. Insgesamt gab es mehr Flächen, auf denen sich die Kohlenstoffvorräte im Mineralboden seit der Erstinventur erhöht haben, wobei die Zunahme in den nördlichen Landesteilen besonders stark ausgeprägt war. Im Süden Deutschlands fanden sich keine Hinweise auf größere Veränderungen. Ob sich diese Veränderungen bereits auf eine zielgerichtete Humuswirtschaft im Wald zurückführen lassen, ist allerdings eher fraglich, denn der Trend kann durch geänderte Baumartenzusammensetzungen infolge von Waldumbaumaßnahmen, Änderungen von Luftschadstoffeinträgen und Kalkungsmaßnahmen überlagert werden.

In der Humusauflage wurden auf den meisten Standorten keine nennenswerten Veränderungen von Kohlenstoffvorräten gefunden. Allerdings lassen sich die Untersuchungsergebnisse bisher nicht eindeutig interpretieren. Der organische Kohlenstoff in der Humusauflage unterliegt vergleichsweise schnellen Auf- und Abbauprozessen und ist somit besonders stark äußeren Einflüssen ausgesetzt. Außerdem schwanken die Humusvorräte kleinräumig sehr stark, was die Interpretation von Änderungsraten erschwert. Aus diesen Gründen bildet der Indikator Änderungen von Kohlenstoffvorräten in der Humusauflage nicht ab.

Für die Auswertung der ersten beiden Bodenzustandserhebungen zu den Änderungen der Kohlenstoffvorräte in den oberen 30 cm des Mineralbodens wurden die Klassengrenzen für eine Abnahme bzw. geringe Zunahme, eine moderate Zunahme sowie eine hohe Zunahme so definiert, dass sich die bewertete Waldfläche gleichmäßig auf die drei Klassen verteilt. Mit der Aktualisierung der



Maßnahmen der Humuspflege unterstützen eine ausreichende Humusversorgung von Waldböden.  
(Foto: Thomas Max Müller / pixelio.de)

Bodenzustandserhebung werden sich – bei Beibehaltung der nun definierten Klassengrenzen – Veränderungen abbilden, indem sich die Flächenanteile, die den drei Klassen jeweils zugeordnet werden, verschieben.

## Schnittstellen

BO-R-3: Humusgehalte von Ackerböden

## Ziele

Wald soll als CO<sub>2</sub>-Senke erhalten bleiben.  
(Waldstrategie 2020, S. 11)

Bestehende Kohlenstoffbestände sollen geschützt und ausgebaut und neue Kohlenstoffbestände angelegt werden (Europäische Forststrategie, Pkt. 13)

Schutz der ökologischen Leistungsfähigkeit der Böden durch [...] den Erhalt der organischen Substanz, Umsetzung standortangepasster Landnutzungsstrategien zur Verringerung negativer Effekte durch Veränderungen in der Boden- und Humusbildung (DAS, Kap. 3.2.4)

## Forstliche Information zum Thema Anpassung

Die Waldwirtschaft steht in Anbetracht des Klimawandels in den nächsten Jahrzehnten vor immensen Herausforderungen. Im Zusammenhang mit der Anpassung der Wälder stellen sich viele praxisnahe Entwicklungs- und Managementfragen, die u. a. die Baumartenwahl, die Technik des Waldumbaus und geeignete Maßnahmen der zielgerichteten Waldpflege betreffen. Handlungsbedarf besteht dabei nicht nur im Staats- und Körperschaftswald, sondern ebenso auch im Privatwald, denn dieser bedeckt in Deutschland immerhin rund 48 % der gesamten Waldfläche.<sup>16</sup>

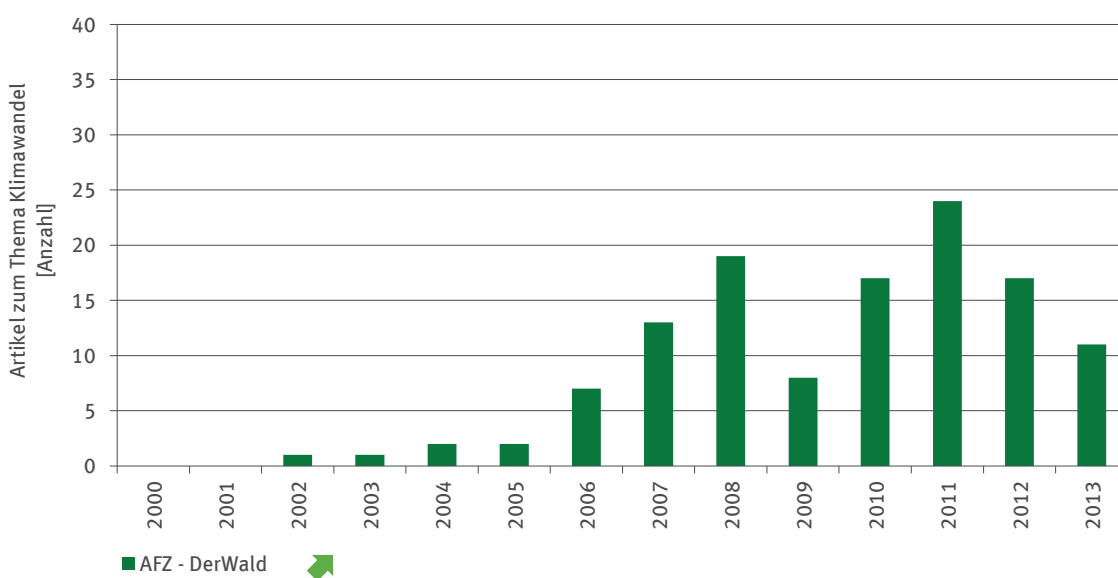
Privatwaldbesitzer sind häufig Kleinwaldbesitzer, die im Durchschnitt über eine Waldfläche von weniger als zehn Hektar verfügen. Sie haben ihren beruflichen Schwerpunkt überwiegend außerhalb der Forstwirtschaft und bewirtschaften ihre Wälder nach sehr individuellen und unterschiedlichen Zielvorstellungen. Der wirtschaftliche Anreiz, sich forstwirtschaftlich zu engagieren und entsprechendes Wissen anzueignen, ist in vielen Fällen

eher gering. Für die Pflege und Entwicklung der Wälder sind das ungünstige Bedingungen, die sich mit dem demographischen Wandel und dem Strukturwandel in ländlichen Räumen künftig aller Voraussicht nach eher noch verschärfen werden.<sup>17</sup>

Der forstlichen Beratung der Privatwaldbesitzer kommt vor diesem Hintergrund eine bedeutende Rolle zu. Sie muss die Voraussetzungen schaffen, dass auch die Bewirtschaftung des Privatwalds einen Beitrag zur Anpassung der Wälder leistet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die für große, geschlossene und intensiv bewirtschaftete Staatswaldkomplexe entwickelten und dort angewendeten Waldbauverfahren nicht ohne weiteres auf den Privatwald übertragen lassen, denn die Ausgangsbedingungen sind dort häufig andere. So sind fichtendominierte Bestände oftmals aufgrund einer zu geringen Durchforstung besonders instabil. Aufgrund der kleinen Flächen und der ungünstigen Ausformung der Bestände sind Schutzmaßnahmen gegen Wildverbiss wie

### FW-R-6: Forstliche Information zum Thema Anpassung

Über Form, Umfang und Intensität der forstlichen Beratung lassen sich bundesweit keine gebündelten Informationen abrufen. In einer groben Annäherung bildet die zunehmende Anzahl von Artikeln, die in der viel gelesenen praxisnahen Forstzeitschrift „AFZ DerWald“ zum Thema Klimawandel veröffentlicht werden, die Intensität der diesbezüglichen Fachdiskussion ab.



Datenquelle: Thünen-Institut für Waldökosysteme (Auswertungen der Zeitschrift AFZ - DerWald)

beispielsweise eine Zäunung zu aufwändig und zu teuer. Außerdem fällt es vielen Waldbesitzern schwer, sich von der traditionellen Fichtenkultur zu verabschieden, oder es fehlt ihnen schlichtweg das Wissen und die Zeit, sich mit standortangepassten Waldbaukonzepten auseinanderzusetzen.

Forstliche Beratungen werden von zahlreichen unterschiedlichen Einrichtungen durchgeführt. In den Ländern widmen sich u. a. die Landesforstverwaltungen, Landeswaldbetriebe sowie die Forstbetriebsgemeinschaften und Waldbesitzerverbände dieser Aufgabe. Insgesamt ist das gesamte Feld der forstlichen Beratung vielfältig und zugleich unübersichtlich. Über Form, Umfang und Intensität der Privatwaldberatung lassen sich daher bundesweit keine gebündelten Informationen abrufen.

Ein wichtiges Mittel, forstlich relevante Informationen zu verbreiten, sind Zeitschriften, die insbesondere von Praktikern in der Forstwirtschaft gelesen werden. Zu diesen Zeitschriften gehört unter anderem die „AFZ Der Wald“, die unter den forstlichen Zeitschriften aufgrund ihrer kurzgefassten Artikel in deutscher Sprache derzeit die öffentlichkeitswirksamste ist. Artikel, die in dieser Zeitschrift zum Thema Klimawandel und Anpassung veröffentlicht werden, erreichen eine sehr breite Leserschaft, die sich mit forstlichen Bewirtschaftungsfragen auseinandersetzt.

In den zurückliegenden zehn Jahren hat sich die Anzahl von Artikeln, die sich dem Thema Klimawandel widmen, deutlich erhöht. In der Regel lassen sich dabei Themen des Klimaschutzes und der Anpassung nicht strikt voneinander trennen. Die Daten erlauben die Schlussfolgerung, dass den Klimawandel betreffende Fragestellungen zunehmend Eingang in die praxisorientierte Fachdiskussion gefunden haben. Nicht erlaubt sind allerdings Rückschlüsse, inwieweit dann – auf diesen Diskussionen und Empfehlungen aufbauend – auch tatsächlich konkrete Umsetzungen in der Praxis erfolgen.



Privatwaldbesitzer brauchen angemessene fachliche Beratung, um ihren Beitrag zum klimagerechten Waldbau leisten zu können. (Foto: Michael Friedel / BayStMELF)

## Ziele

Bund und Länder sollten Informationsdefizite abbauen, um die mehr als 1,3 Mio. Waldbesitzer von der Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen zu überzeugen. (DAS, Kap. 3.2.7)

In Anbetracht der steigenden gesellschaftlichen, klimapolitischen, ökologischen und wirtschaftlichen Ansprüche an Wald und Forstwirtschaft sollen entsprechende Beratungsleistungen für den Kleinprivatwald als öffentliche Aufgabe im Sinne der Daseinsvorsorge und des Gemeinwohls weiter ausgebaut werden. (Waldstrategie 2020, S. 14)



© Dieter Schütz / pixelio.de

# Fischerei

Wie die Land- und Forstwirtschaft ist auch die Fischerei unmittelbar von der Verfügbarkeit und Regenerationsfähigkeit der natürlichen Ressourcen abhängig. Verändern sich infolge des Klimawandels Fischbestände in ihrer Größe und räumlichen Lage, und gibt es Veränderungen in den Artengemeinschaften, verändert dies unmittelbar auch die Bedingungen für die Fischerei. Dies gilt grundsätzlich – wenn auch in unterschiedlicher Ausprägung – sowohl für die Meeres- als auch für die Binnenfischerei.

Zur Veränderung der Fischbestände kommt im Falle der Meeresfischerei hinzu, dass aufgrund des Meeresspiegelanstiegs und durch häufigere Sturmfluten küstennahe Produktionsstätten der Fischerei Gefahr laufen, überflutet zu werden und Schaden zu nehmen. Höhere Sturmhäufigkeit könnte zudem die Fangbedingungen auf dem Meer verschlechtern. In der Binnenfischerei beginnt die Diskussion um mögliche Engpässe bei der Wasserverfügbarkeit zur Befüllung von Teichen oder die nachteiligen Auswirkungen von Starkniederschlägen und Hochwasser insbesondere für die auf schwebstoffreies und sauerstoffhaltiges Wasser angewiesene Zucht von Salmoniden wie z. B. Forellen und Saiblingen. Wie die Veränderungen der fischereilichen Produktionsbedingungen konkret aussehen, ist allerdings noch schwer prognostizierbar.

Spezifische Anpassungsmaßnahmen werden bislang weder für die Meeres- noch für die Binnenfischerei beschrieben. In der Meeresfischerei wird in der Fachdiskussion insbesondere die Forderung nach einer Reduzierung der Überfischung mit der Anpassung in Zusammenhang gebracht, da man davon ausgehen kann, dass nachhaltig genutzte Fischbestände gegenüber Klimaveränderungen resilienter sind als überfischte Bestände. In der Aushandlung der Fangquoten spielt der Klimawandel aber bisher keine Rolle. In der Binnenfischerei dominieren derzeit noch andere Managementherausforderungen.

## Auswirkungen des Klimawandels

Verbreitung warmadaptierter mariner Arten (FI-I-1).....	152
Vorkommen wärmeliebender Arten in Binnengewässern (FI-I-2) .....	154

## Wärmeliebende Fischarten in der Nord- und Ostsee

Steigende Wassertemperaturen, veränderte Strömungsverhältnisse und steigende CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Meerwasser verändern die Lebensbedingungen für alle Meeresorganismen. In der Nordsee verlagern sich mit zunehmender Erwärmung die Bestände von Kälte liebenden Arten von Fischen, Weichtieren und Krebstieren tendenziell in kühlere Zonen. Ihr Organismus benötigt eine bestimmte Temperaturspanne, die ihnen ihr bisheriger, zu warm gewordener Lebensraum nicht mehr bietet. Außerdem folgen sie Pflanzen, Plankton und anderen Meeresorganismen, von denen sie sich ernähren und die kältere Wassertemperaturen bevorzugen. Gleichzeitig dringen neue Arten in die Nordsee vor, die bisher eher in südlicheren Meeresgebieten beheimatet waren. Dabei erwärmen sich die Wassermassen der Nordsee nicht in einem einfachen Nord-Südgefälle. Die Wassererwärmung vollzieht sich in komplexeren räumlichen Mustern.

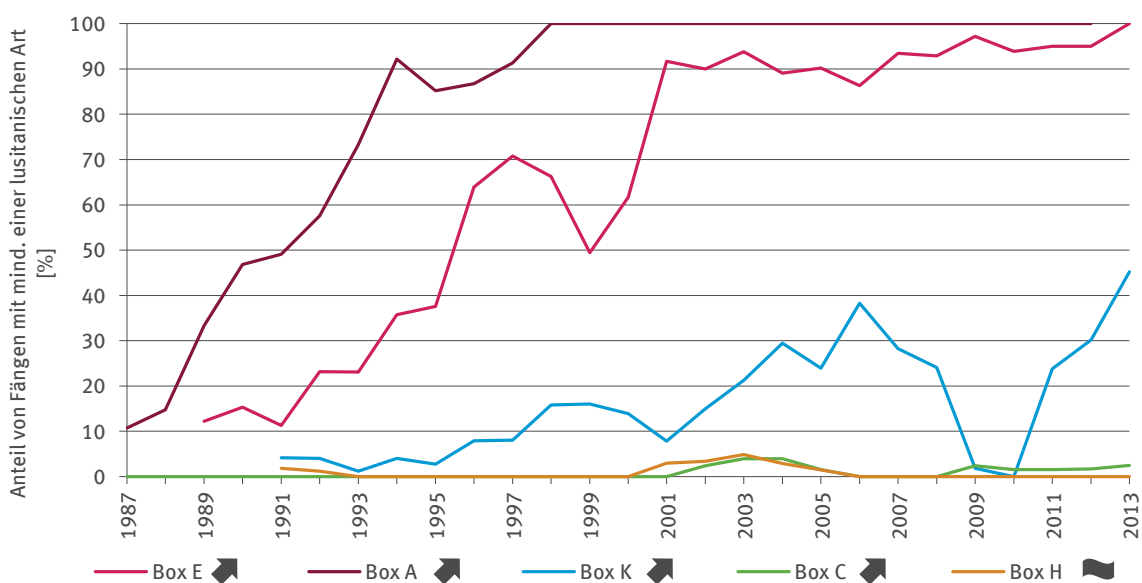
Im Brackwassermilieu der Ostsee, in dem sich Süß- und Salzwasser mischen, haben sich aufgrund der

spezifischen Bedingungen labile ökologische Gleichgewichte eingestellt. Die hohe Variabilität der Umweltbedingungen bietet dort nur wenigen sehr toleranten Fischarten ausreichende Lebens- und Reproduktionsbedingungen. Aufgrund der höheren Toleranz der Arten ist zu erwarten, dass sich die Folgen des Klimawandels in der Ostsee auch weniger deutlich in Artenverschiebungen niederschlagen werden als in der Nordsee. Allerdings sind Veränderungen in der Produktivität der Fischbestände für die Ostsee wahrscheinlich.

Veränderungen in der Verbreitung von Fischbeständen und in der Artenzusammensetzung stellen die Meeresfischerei vor neue Herausforderungen. So können mit der Verschiebung von Fischpopulationen der Nordsee in Richtung Norden wirtschaftliche Einbußen für die entsprechenden Fischereien einhergehen, wenn die neuen Verbreitungsgebiete der bekannten Arten nur noch schwer und mit deutlich höherem Aufwand zu erreichen sind. Inwieweit solche wirtschaftlichen und ökologischen

### FI-I-1: Verbreitung warmadaptierter mariner Arten

In der Nordsee zeigen sich die Auswirkungen des Klimawandels auf die Fischbestände bereits heute im Vordringen südeuropäischer, wärmeliebender Arten nach Norden. In den am südlichsten und am nächsten zur deutschen Nordseeküste gelegenen Untersuchungsgebieten kommt inzwischen in fast jedem Fang eine südliche Art vor. In einem der nördlicher gelegenen Untersuchungsgebiete deutet sich ebenfalls eine Zunahme an.



Datenquelle: Thünen-Institut für Seefischerei (GSBTS: German Small-scale Bottom Trawl Survey)



Effekte durch Änderungen in Verbreitung und Abundanz anderer Arten ausgeglichen werden können, lässt sich bisher nicht sicher vorhersagen. In der Nordsee lohnt ein gezielter Fang auf diese anderen Arten derzeit noch nicht.

Wichtige Grundlage für künftige Anpassungen des Fischereimanagements ist die genaue Beobachtung räumlicher Verschiebungen von Fischbeständen. Im Rahmen des „German Small-scale Bottom Trawl Survey“ (GSBTS) werden in festgelegten Gebieten der Nordsee jährlich standardisierte Fänge durchgeführt. Sie dienen dem Ziel, die natürliche Variabilität der Fangraten häufiger Fischarten abzuschätzen und mittel- bis langfristige Veränderungen in den Fischgemeinschaften zu erfassen.

Analysiert man die Fangergebnisse der letzten 25 Jahre in fünf Untersuchungsgebieten innerhalb der Deutschen Bucht, stellt man fest, dass immer häufiger bestimmte südeuropäische Arten mit Herkunft aus dem portugiesischen Meeresgebiet in den Fängen aufgetaucht sind. Typische Vertreter dieser Artengruppe sind beispielsweise der Rote Knurrhahn (*Chelidonichthys lucerna*), die Streifenbarbe (*Mullus surmuletus*), die Zwerg- und Lammzunge (*Buglossidium luteum* und *Arnoglossus laterna*) sowie die Sardelle (*Engraulis encrasicolus*) und die Sardine (*Sardina pilchardus*). In den beiden südlichsten Fanggebieten, die der deutschen Küste am nächsten liegen (Box A und Box E), findet sich inzwischen in fast jedem Fang mindestens eine dieser Arten, während Ende der 1980er Jahre solche Fänge noch eher eine Seltenheit waren. In der etwas nördlicher, ungefähr auf der Breite des dänischen Esbjergs gelegenen Box K erschienen seit Mitte der 1990er Jahre Vertreter der genannten Arten und entwickelten sich in der Folge – allerdings nicht kontinuierlich – auf ein mittleres Häufigkeitsniveau. Vereinzelt gibt es auch in den in der nördlichen Nordsee gelegenen Boxen C und H Funde, die auf eine potenzielle Verbreitung bei ansteigenden Temperaturen auch in diesen Bereichen hindeuten.

Gleichzeitig mit dem Vordringen der südeuropäischen Arten wird bereits eine Abnahme kälteliebender Arten beobachtet. So ist der Kabeljau aus der südlichen Nordsee inzwischen fast verschwunden. Dies ist nicht nur die Folge intensiver Fischerei, sondern liegt auch daran, dass die wärmeren Bedingungen in diesen Breiten die Ernährungsgrundlage und die physiologischen Prozesse dieser Fischart nachteilig beeinflussen.

Obwohl neben dem Klimawandel auch andere Faktoren wie beispielsweise die kommerzielle Fischerei für die Verlagerung von Fischbeständen verantwortlich sind, scheint die zunehmende Erwärmung eine gewichtige



Verlagern sich die Fischbestände, verändern sich die Bedingungen für die Meeresfischerei. (Foto: Bernd Kasper / pixelio.de)

Rolle bei der räumlichen Verlagerung von Fischbeständen zu spielen. Die milden Winter ermöglichen einigen südlichen Fischarten, auch in der Nordsee zu überwintern und sich fortzupflanzen.

## Schnittstellen

FI-I-2: Vorkommen wärmeliebender Arten in Binnengewässern

## Noch unklare Entwicklungen in der Binnenfischerei

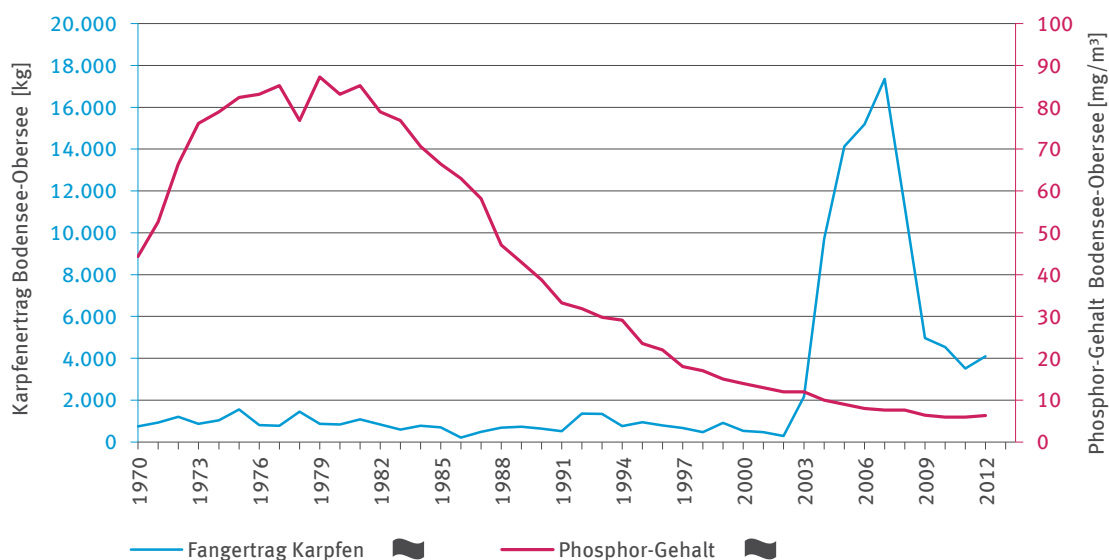
In der Binnenfischerei spielen die Auswirkungen des Klimawandels bisher eine gegenüber anderen Einflussfaktoren nur untergeordnete Rolle. Für die Fangergebnisse der Seen- und Flussfischerei sind neben den Einflüssen durch den gezielten Besatz mit ausgewählten, fischereilich interessanten Fischarten in erster Linie die Rahmenbedingungen der Fischereiausübung und kostendeckende Vermarktungsmöglichkeiten entscheidend. So werden derzeit Konflikte im Zusammenhang mit der zunehmenden touristischen Nutzung der Gewässer, Fischverluste an Wasserkraftwerken, Einschränkungen der Fischerei durch naturschutzfachlich begründete Nutzungsaufgaben oder auch Veränderungen der Nährstoffgehalte der Gewässer sehr viel intensiver diskutiert als die möglichen Auswirkungen einer Klimaerwärmung. Ähnlich ist es in der Aquakultur, auch wenn hier die durch den Klimawandel beeinflussten Wassertemperaturen, die Dauer der Eisbedeckung der Winterteiche und die Wasserdurchflussmengen als wichtige Einflussgrößen für die Produktion gelten. Grundsätzlich messen die Fischer der Verbreitung

von Fischkrankheiten und den in den vergangenen zwei Jahrzehnten stark angewachsenen Beständen des Kormorans größere Bedeutung bei.

In der Binnenfischerei herrschen generell dezentrale Produktionsstrukturen und kleine Betriebsgrößen vor. Daher fehlt es an bundesweiten Daten, aus denen sich in systematischer Weise klimaabhängige Veränderungen zu Verschiebungen in der Artenzusammensetzung der Fischfauna in Fließgewässern und Seen sowie zu den Bedingungen in der Aquakultur ableiten ließen. Für die Zukunft schließen Experten nicht aus, dass der Klimawandel einen zunehmenden Einfluss auf die Fischbestände, die Ertragsbedingungen und die Erträge der Binnenfischerei haben wird. So haben beispielsweise wärmeliebende Arten, die über den Schiffsverkehr auf Kanälen verbreitet werden, bei steigenden Wassertemperaturen bessere Etablierungsmöglichkeiten. Für wärmeliebende Arten wie den Karpfen könnten sich die Konkurrenzbedingungen verbessern, während sich

### FI-I-2: Vorkommen wärmeliebender Arten in Binnengewässern – Fallstudie

Trotz stark verminderter Phosphorgehalte kam es am Bodensee-Obersee in Folge des Hitzesommers 2003 zu einer explosiven Vermehrung des wärmeliebenden Karpfens. Vor allem während der Laichzeit und der Entwicklungszeit der Larven verschaffen warme Witterungsbedingungen dem Karpfen Konkurrenzvorteile. Der Berufsfischerei bescherzte der warme Sommer in den Folgejahren Rekorderträge.



Datenquelle: Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg - Fischereiforschungsstelle (Fangstatistik der Berufsfischerei Bodensee-Obersee)

für die Bachforelle und andere Arten, die nur in einem engen Bereich niedriger Temperatur existieren können, bei steigenden Wassertemperaturen die Lebensräume einschränken dürften.

Anhand des Bodensees, für den langjährige Fangstatistiken der Berufsfischerei vorliegen, lässt sich beispielhaft zeigen, dass besonders warme Jahre Veränderungen in der Fischfauna zur Folge haben können. Der Bodensee-Obersee und in ähnlicher Weise auch der Bodensee-Untersee wurden in den letzten Jahren infolge von Maßnahmen der Gewässerreinigung wieder zu nährstoffarmen Seen. Der Phosphorgehalt des Bodensees, der Ende der 1970er und Anfang der 1980er Jahre noch über 80 mg pro Kubikmeter Wasser betrug, pendelt sich inzwischen auf rund 6 mg ein. In solchen Seen werden üblicherweise kaum größere Mengen von Karpfen erwartet. Der im Jahr 2003 entstandene, überraschend starke Karpfenjahrgang ist daher ganz offensichtlich eine Folge der besonders warmen Bedingungen im Sommer dieses Jahres. Speziell im Bodensee ist eine frühe und andauernde Erwärmung des Wassers in der Laichzeit der Karpfen und der sich daran anschließenden Entwicklungszeit der Karpfenlarven selten. In den meisten Jahren folgt auf eine warme Periode im Frühsommer eine kühlere Phase, die mit einer Abkühlung des Sees einhergeht. Solche Bedingungen sind für ein Aufkommen von Jungkarpfen nicht förderlich. Aufgrund der günstigen Bedingungen im Jahr 2003 kam es in den nachfolgenden Jahren zu den höchsten Karpfenerträgen, die seit Bestehen der Berufsfischereistatistik am Bodensee erzielt wurden.



Fischarten wie der Karpfen sind unter wärmeren Bedingungen konkurrenzfähiger. (Foto: [www.Rudis-Fotoseite.de](http://www.Rudis-Fotoseite.de) / [pixelio.de](http://pixelio.de))

## Schnittstellen

FI-I-1: Verbreitung warmadaptierter mariner Arten  
WW-I-5: Wassertemperaturen stehender Gewässer



© Liza Litsch / pixelio.de

# **Energiewirtschaft (Wandel, Transport, Versorgung)**

Zahlreiche Unternehmen der Energiewirtschaft haben im Bereich des eigenen wirtschaftlichen Handelns die Folgen extremer Wetter- und Witterungssituationen bereits erfahren müssen, die im Zuge des Klimawandels zukünftig möglicherweise häufiger und intensiver auftreten werden. Von der Ressourcengewinnung und -logistik über die Energieumwandlung und -verteilung bis zur Versorgung der Kunden können alle Ebenen der energiewirtschaftlichen Produktionskette betroffen sein. Sehr gegenwärtig sind in der Branche z. B. noch die Auswirkungen der Hitzeperioden in den Jahren 2003 und 2006, als die Stromproduktion in Wärmekraftwerken wegen fehlender Kühlwasserkapazitäten teilweise massiv eingeschränkt war. Netzbetreiber haben vor allem die Wirkungen von Winterstürmen zu spüren bekommen. Beispiele sind die stundenlangen Stromausfälle infolge des Orkans Kyrill im Januar 2007 oder der großflächige Stromausfall im Münsterland im November 2005, als einige veraltete, aus versprödetem Thomasstahl gefertigte Hochspannungsmasten einknickten, die für das ungewöhnliche Zusammentreffen von Eislast, starkem Schneefall und Sturm quer zur Trassenführung technisch nicht ausgelegt waren. Insgesamt schätzt die Branche die physischen Risiken des Klimawandels aber als technisch beherrschbar ein.

Das alles bestimmende Thema in der Energiewirtschaft ist derzeit die Energiewende, denn mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien und dem Ausstieg aus der Kernenergie sind weitreichende strukturelle und infrastrukturelle Anpassungen notwendig, die alle Bereiche der Energiewirtschaft berühren. Dazu gehören z. B. der Ausbau der Übertragungs- und Verteilnetze, die Modernisierung und Diversifizierung des Kraftwerksparks oder die Flexibilisierung des Energiesystems. Auch wenn die Anpassung an den Klimawandel in der aktuellen energiewirtschaftlichen Debatte in Deutschland bestenfalls ein Nebenschauplatz ist, sind mit den aktuellen Planungen langlebige Investitionen verbunden, die auch den Anforderungen der Klimaanpassung Rechnung tragen müssen.

## Auswirkungen des Klimawandels

Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung (EW-I-1), Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung (EW-I-2) .....	158
Umgebungstemperaturbedingte Stromminderproduktion thermischer Kraftwerke (EW-I-3).....	160
Potenzieller und realer Windenergieertrag (EW-I-4) ...	162

## Anpassungen

Diversifizierung der Elektrizitätserzeugung (EW-R-1), Diversifizierung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte (EW-R-2) .....	164
Möglichkeiten der Stromspeicherung (EW-R-3) .....	166
Wassereffizienz thermischer Kraftwerke (EW-R-4) .....	168

## Stromversorgung – mehr und längere Unterbrechungen?

Die sehr zuverlässige Stromversorgung in Deutschland zeichnet sich u. a. dadurch aus, dass Unterbrechungen nur selten und mit kurzer Dauer auftreten. Nehmen extreme Wettersituationen, vor allem schwere Stürme und Orkane, infolge des Klimawandels zu, können sich dadurch verursachte Unterbrechungen der Stromversorgung künftig möglicherweise mehr und länger dauern.

In Deutschland erfasst die Bundesnetzagentur (BNetzA) das Unterbrechungsgeschehen. Im Rahmen ihrer Zuständigkeit wertet sie die Meldungen der Netzbetreiber zu Unterbrechungen der Mittel- und Niederspannungsebene aus, die das verbrauchernahe Verteilnetz bilden. Die BNetzA unterscheidet verschiedene Ursachen von Netzunterbrechungen. Unter dem Begriff „Atmosphärische Einwirkungen“ fasst sie Wind- und Temperatureinwirkungen oder Überspannungen durch Blitze zusammen. Als „Höhere Gewalt“ werden Ereignisse besonderer Schwere klassifiziert, z. B. außergewöhnliche

Hochwasser oder Orkane. Vor allem diese Ereignisse können längere Beeinträchtigungen nach sich ziehen, denn wenn Leitungsnetze z. B. auf größerer Strecke unterbrochen sind, können die notwendigen Reparaturen mitunter viel Zeit in Anspruch nehmen.

Auch wenn Deutschland über ein sehr stabiles Stromnetz verfügt, machen schon die noch kurzen Zeitreihen zur Häufigkeit und Dauer von atmosphärischen Einwirkungen und höherer Gewalt deutlich, dass extreme Wetter- und Witterungsereignisse die Elektrizitätsübertragung und -verteilung beeinflussen können.

Besonders markant sind die Auswirkungen des Orkans „Kyrill“ im Jahr 2007. Die Zahl der Unterbrechungen lag in diesem Jahr etwa doppelt so hoch wie in den meisten anderen bislang erfassten Jahren, und Letztverbraucher waren durchschnittlich fast 22 Minuten aufgrund von Wetter und Witterung ohne Strom. Zum Vergleich: In den weiteren Jahren liegt dieser Wert zwischen 3 und

### EW-I-1: Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung

Extremwetterereignisse wie die Orkane Kyrill in 2007 oder Xynthia in 2010 schlugen sich in den letzten Jahren bereits in der Unterbrechungsstatistik der Stromversorgung nieder. Der Anteil von atmosphärischen Einwirkungen und höherer Gewalt an allen Unterbrechungen war in diesen Jahren deutlich erhöht. Signifikante Trends zeichnen sich bislang aber nicht ab.



Datenquelle: Bundesnetzagentur (Störungsstatistik)

7,5 Minuten. Die erhöhten Werte für das Jahr 2006 sind auf massive Schneefälle zurückzuführen, im Jahr 2010 sorgte der Orkan Xynthia für längere Versorgungsunterbrechungen.

Inwieweit Elektrizitätsnetze von atmosphärischen Einwirkungen betroffen sind, hängt u. a. von Qualität, Wartungszustand und Alter der im Netz verwendeten technischen Komponenten ab. Auch die Netzstruktur ist eine wichtige Einflussgröße. So verlaufen Höchst- und Hochspannungsnetz zwar zu etwa 95 % oberirdisch und sind Wind und Wetter direkt ausgesetzt, die Knotenpunkte des Netzes sind aber miteinander verknüpft (Vermaschung). Fallen einzelne Leitungen aus, kann die Versorgung i. d. R. über redundante andere Leitungen erfolgen.

Für den Letztverbraucher bedeuten Unterbrechungen im Übertragungsnetz daher i. d. R. keinen Stromausfall. Mittel- und Niederspannungsnetze besitzen dagegen keine vermaschte Struktur. Unterbrechungen in diesen Netzebenen kommen daher häufig direkt beim Letztverbraucher an, führen also zu Stromausfällen.

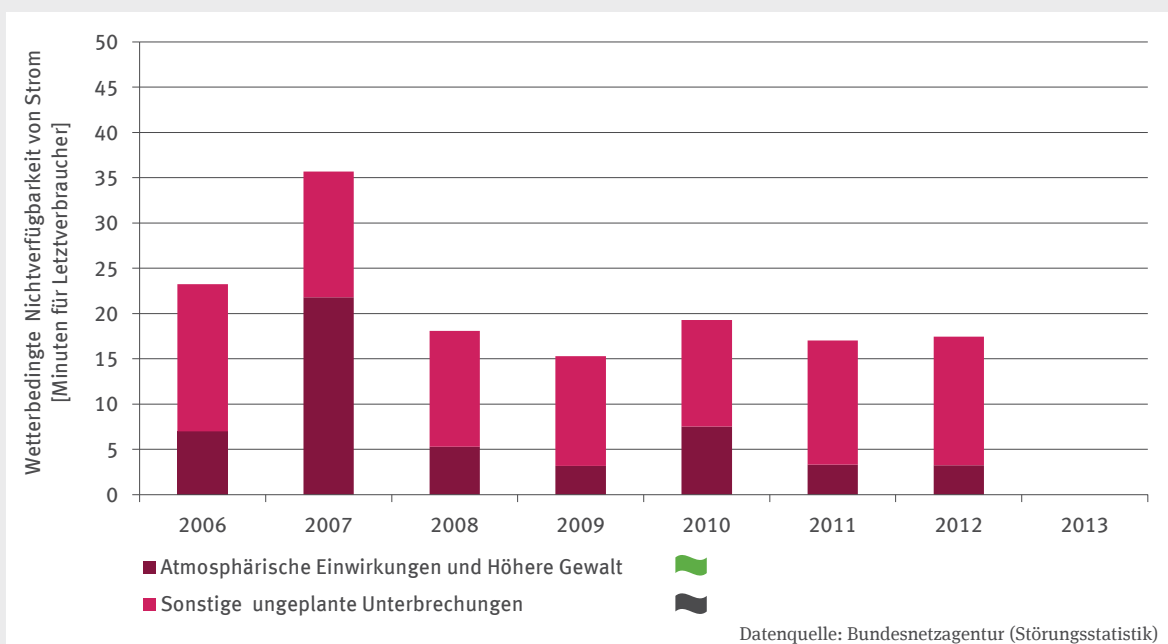
## Ziele

Verpflichtung der Betreiber zum Betrieb eines sicheren, zuverlässigen und leistungsfähigen Energieversorgungsnetzes (Energiewirtschaftsgesetz, § 11 (1))

Einen wirksamen Schutz vor Stürmen, Schnee- oder Eislasten bietet die unterirdische Verlegung von Stromleitungen (Verkabelung). Große Teile des Verteilnetzes sind bereits heute unterirdisch verlegt. Eine Verkabelung im Bereich des Übertragungsnetzes, d. h. der Höchst- und Hochspannungsebene, ist technisch komplex und in Bau und Betrieb aufwändig. Eine andere Möglichkeit, um das Stromnetz langfristig an sich ändernde Klimabedingungen anzupassen, kann die vorausschauende Berücksichtigung und Integration des Klimawandels in den (Weiter-)Entwicklungsprozess technischer Standards und Normen sein. Anpassungen könnten etwa an klimabezogenen Bestandteilen von Normen wie der Eislastkarte ansetzen, die die regional zu berücksichtigenden Eislasten an Stromleitungen darstellt.

## EW-I-2: Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung

Kyrrill und Xynthia führten in 2007 bzw. 2010 auch zu schwereren und umfangreicheren Schäden an den Stromnetzen im Vergleich zu anderen Jahren. Die betroffenen Stromkunden mussten daher durchschnittlich längere Wartezeiten in Kauf nehmen, bis die Stromversorgung wiederhergestellt war.



## Hitze beeinflusst Stromproduktion konventioneller Kraftwerke

Trotz des in den vergangenen Jahren stark wachsenden Beitrags der erneuerbaren Energien zur Stromversorgung spielen thermische Kraftwerke nach wie vor eine wichtige Rolle im deutschen Energieversorgungssystem. Thermische Kraftwerke sind aufgrund ihres Funktionsprinzips auf die Abfuhr von Prozesswärme durch Kühlung angewiesen, die im wasserreichen Deutschland in aller Regel Wasser als Kühlmedium verwendet.

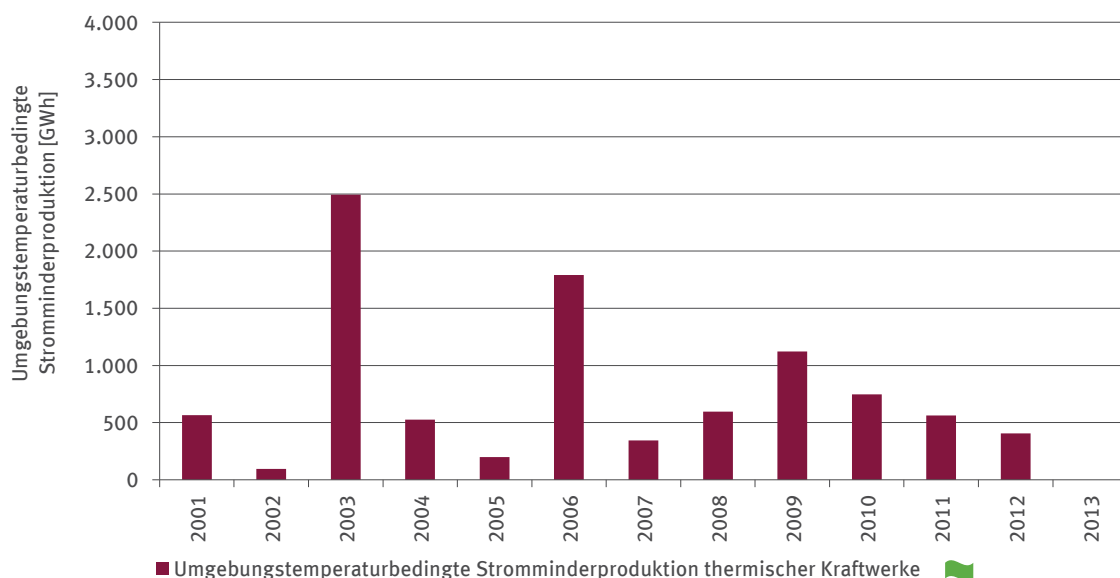
Vereinfacht dargestellt wird in thermischen Kraftwerken der Energiegehalt eines Brennstoffs, z. B. Gas, Kohle oder Uran, zunächst durch Verbrennung bzw. Kernspaltung in thermische Energie umgewandelt, meist in Form von Wasserdampf. Der heiße Wasserdampf treibt eine Dampfturbine an, deren mechanische Energie in einem Generator in elektrische Energie d. h. Strom umgewandelt wird. Die Strömungsgeschwindigkeit des Dampfes, der die Turbine antreibt, hängt dabei wesentlich vom

Druckunterschied, d. h. von der Temperaturdifferenz zwischen heißem Ende und kaltem Ende des Wasser-Dampf-Kreislaufs ab. Das kalte Ende bildet ein Kondensator, in dem der Dampf durch Kondensation wieder verflüssigt und das Wasser dem Wasser-Dampf-Kreislauf erneut zugeführt wird. Das Kühlsystem dient an dieser Stelle dazu, dem Wasser-Dampf-Kreislauf die überschüssige Wärme zu entziehen und über das Kühlwasser abzuführen. Im Falle von Frischwasserkühlsystemen wird das aus einem Fluss entnommene Wasser dabei entweder direkt (Durchlaufkühlung) oder nach Abkühlung in einem Kühlturm (Ablaufkühlung) wieder ins Gewässer eingeleitet. Kreislaufkühlsysteme sind von einer Wasserzufuhr aus Gewässern weitgehend unabhängig.

Lässt sich die Prozesswärme z. B. wegen Hitze und Trockenheit nicht in ausreichendem Maße abführen, kann der Wirkungsgrad der Kühlsysteme und damit auch der

### EW-I-3: Umgebungstemperaturbedingte Stromminderproduktion thermischer Kraftwerke

Hitze und Trockenheit können die Stromproduktion thermischer Kraftwerke einschränken, indem sie deren Wirkungsgrade verschlechtern oder Probleme bei der Kühlwasserentnahme bzw. der Einleitung von Kühlwasser in die Gewässer verursachen. In den heißen Sommern 2003 und 2006 kam es dadurch zu markanten Einbußen, ein signifikanter Trend ist bislang nicht zu verzeichnen.



Datenquelle: VGB PowerTech e.V. (Nichtverfügbarkeits-Modul des Kraftwerksinformationssystems KISSY)



Kraftwerke abnehmen. Vor allem aber können bei niedrigen Wasserständen und erhöhten Gewässertemperaturen wasserrechtliche Auflagen greifen. Um die Gewässerökologie vor den negativen Folgen hoher Wassertemperaturen zu schützen, bestimmen wasserrechtliche Genehmigungen für einzelne Anlagen, wie viel Frischwasser für Kühlzwecke aus Gewässern entnommen und in welcher Menge und mit welcher Temperatur erwärmtes Kühlwasser wieder in Gewässer eingeleitet werden kann. Für die Betreiber kann sich daraus bei Hitze und Trockenheit die Notwendigkeit ergeben, die Stromproduktion in den betroffenen Kraftwerken zu drosseln bzw. ganz einzustellen.

Im vergangenen Jahrzehnt haben die heißen Sommer in den Jahren 2003 und 2006 vor Augen geführt, welche Folgen Hitze und Trockenheit für die Stromerzeugung haben können. Europaweit waren während der sommerlichen Hitzeperiode im Jahr 2003 über 30 Kernkraftanlagen gezwungen, ihre Stromproduktion zurückzufahren. In Deutschland betraf dies z. B. Kraftwerke an Isar und Rhein. Im Jahr 2006 kam es zu kühlwassertemperaturbedingten Einschränkungen der Stromproduktion in thermischen Kraftwerken an den Ufern von Weser und Elbe. In diesen Jahren mussten die zuständigen Wasserbehörden teilweise Ausnahmegenehmigungen erteilen, um die Versorgungssicherheit mit Strom zu gewährleisten.

Die Zeitreihe zur Stromminderproduktion stellt dar, wie viel Strom aufgrund von temperaturbedingten äußeren Einflüssen in thermischen Kraftwerken nicht produziert werden konnte. Ihr liegen Angaben zu knapp zwei Dritteln der in Deutschland installierten Leistung thermischer Kraftwerke zugrunde. Die größten Einschränkungen waren bislang im heißen Sommer 2003 zu verzeichnen. In diesem Jahr summierte sich die Stromminderproduktion auf insgesamt 2,5 Terawattstunden. Das entspricht in etwa 0,5 % der potenziell möglichen Jahresstromproduktion der berücksichtigten thermischen Kraftwerke bzw. der Strommenge, die benötigt wird, um Deutschland eineinhalb Tage mit Strom zu versorgen.

Durch die eingeleitete Energiewende und den beschlossenen Atomausstieg hat die Bedeutung thermischer Kraftwerke für das Energiesystem in den vergangenen Jahren abgenommen und wird in den kommenden Jahren wohl weiter zurückgehen. Angesichts der zunehmenden Einspeisung von erneuerbaren Energien insbesondere in der heißen Jahreszeit sind sommerliche Engpässe in der Elektrizitätsversorgung insgesamt eher nicht zu erwarten. Dessen ungeachtet kann es möglicherweise in einzelnen Regionen, in denen thermische Kraftwerke noch eine überdurchschnittlich wichtige Rolle spielen,



In heißen und trockenen Sommern kann es zu Schwierigkeiten bei der Entnahme bzw. Einleitung von Kühlwasser kommen. (Foto: Siegfried Kremer, Phillipsburg)

zu sommerlichen Einschränkungen der Stromerzeugung kommen, die Maßnahmen zur Sicherung der regionalen Elektrizitätsversorgung notwendig machen.

## Schnittstellen

EW-R-4: Wassereffizienz thermischer Kraftwerke

### Ziele

Erhöhung der Versorgungssicherheit insbesondere bei Extremereignissen durch sich ergänzende dezentrale und diversifizierte Erzeugungsstrukturen, die erneuerbare Energien einschließen (DAS, Kap. 3.2.9)

Ermittlung und Bewertung von möglichen Versorgungsrisiken und Eruiierung von Maßnahmen zu ihrer Reduzierung (DAS, Kap. 3.2.9)

## Beeinflussen die Klimaänderungen den Ertrag der Erneuerbaren?

Die Windenergie ist im Stromsektor zusammen mit der Photovoltaik die erneuerbare Energiequelle mit den größten Ausbaupotenzialen. Die Windenergie hat in den vergangenen Jahren mit rund 35 % zur Stromerzeugung aus regenerativen Quellen und damit rund 8 % zur Stromerzeugung insgesamt beigetragen. Im bisherigen Spitzenjahr 2011 wurden annähernd 50 Terawattstunden Windstrom in das deutsche Stromnetz eingespeist.

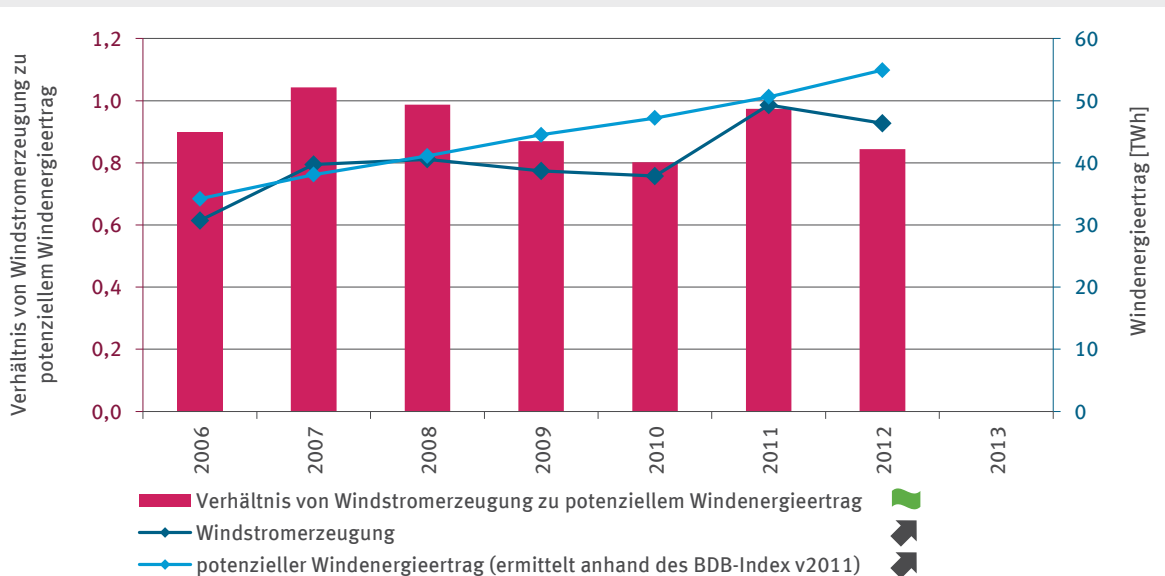
Die direkte Abhängigkeit der Windstromerzeugung und damit des finanziellen Ertrags der Anlagen von den wechselhaften meteorologischen Windverhältnissen ist eine Herausforderung für die Betreiber von Windenergieanlagen. Um die Ertragserwartungen für einzelne Standorte kalkulieren und bewerten zu können, greift man bei der Planung von Windenergieanlagen auf Indizes zurück. Der in Deutschland gängigste Index ist der BDB-Index, ein Produktionsindex, der langjährige Datenreihen zu

monatlichen Windstromerträgen differenziert nach 25 Regionen und nach verschiedenen Anlagenklassen berücksichtigt. Das 100 %-Niveau des Index steht für das langjährige Mittel des Stromertrags und bildet somit die Referenzgröße für die Ertragserwartung. Setzt man den realen Windstromertrag zum möglichen Stromertrag des 100 %-Niveaus in Bezug, erhält man einen Indexwert zur Bewertung der tatsächlich erzeugten Strommenge für einzelne Anlagen bzw. zusammengefasst für einzelne Regionen im Verhältnis zum langjährigen mittleren Stromertrag.

Mithilfe des Index lässt sich aus der Anzahl und Größe der jeweiligen Anlagen der potenzielle Windenergieertrag für einzelne Regionen und in der Summe auch für ganz Deutschland hochrechnen. Vergleicht man die Zeitreihe dieses fiktiven Erwartungswerts mit der tatsächlich erzeugten Strommenge, wird die Schwankungsbreite

### EW-I-4: Potenzieller und realer Windenergieertrag

Die Windverhältnisse und damit die Bedingungen für die Windstromerzeugung variieren in Deutschland zwischen einzelnen Jahren sehr stark. Im windstarken Jahr 2007 übertraf der Ertrag die Erwartungen, im windschwachen Jahr 2010 wurde das Ertragspotenzial dagegen nur zu 80 % ausgeschöpft. Ein signifikanter Trend zeichnet sich bislang nicht ab.



Datenquelle: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (Erneuerbare Energien in Zahlen), Bundesnetzagentur (Ergebnisse der Monitoringabfrage), DEWI GmbH (Potenzieller Windenergieertrag)

deutlich, der die Windstromerzeugung unterliegt. Während der Stromertrag in windstarken Jahren wie 2007 den Erwartungswert übertrifft, bleibt er in windschwachen Jahren deutlich hinter den Erwartungen zurück. Im Jahr 2010 konnten z. B. nur ca. 80 % des Ertragspotenzials ausgeschöpft werden. Grund hierfür sind in erster Linie die meteorologischen Windverhältnisse, die zwischen den Jahren sehr unterschiedlich sein können. Technische Faktoren, z. B. ein eingeschränkter Betrieb von Windenergieanlagen wegen Wartungs- und sonstiger Revisionsarbeiten, spielen im Vergleich dazu eine untergeordnete Rolle.

Mit Blick auf den Klimawandel stellt sich die Frage, ob die Erzeugungsbedingungen für die Windkraft zukünftig stärker variieren als bisher und es damit auch zu stärkeren Schwankungen der Windstromproduktion kommt. Aus den Klimadaten der vergangenen Jahre lässt sich aber bisher kein Trend zu grundsätzlich schwächeren oder zu häufigeren extremen Windverhältnissen ablesen. Die Klimadaten zeigen lediglich eine wenn auch nur leichte Tendenz zu extremen Wettersituationen. Das bedeutet, dass sich die klimatischen Bedingungen für die Windstromerzeugung in Deutschland in den letzten Jahren nicht in relevantem Ausmaß verändert haben.

Um die im Jahres- und im Tagesgang auftretenden Schwankungen zu verringern, wird in der Branche diskutiert, die technische Auslegung der Windenergieanlagen anzupassen. Ziele sind dabei u. a. geringere Stillstandzeiten sowie eine größere Gleichförmigkeit der Energieabgabe, um letztlich die Windstromerzeugung besser planbar zu machen und die Integration ins Energieversorgungssystem zu erleichtern.<sup>18</sup> Aus dem Blickwinkel der Klimaanpassung ließen sich damit auch möglicherweise auftretende Änderungen der Erzeugungsbedingungen besser abfedern.

Die möglichen Folgen des Klimawandels können auch andere erneuerbare Energieträger betreffen. So nimmt etwa der Wirkungsgrad von Photovoltaik-Anlagen bei höheren Temperaturen ab. Zukünftig kann es daher in den Sommermonaten bei in der Tendenz höheren Temperaturen und häufigeren Temperaturextremen öfter zu schlechteren Wirkungsgraden kommen. Aufgrund des hohen Energiegehalts des Lichts liefert diese Jahreszeit dennoch die höchsten Stromerträge. Hingegen kann sich eine möglicherweise abnehmende Sonnenscheindauer in den Wintermonaten negativ auf den in dieser Jahreszeit ohnehin niedrigeren Stromertrag auswirken. Es ist aber zu erwarten, dass die technische Weiterentwicklung von Photovoltaik-Modulen diese Auswirkung kompensieren wird. Der Betrieb von Wasserkraftwerken kann ebenfalls



Sich ändernde klimatische Verhältnisse können die Ertragssituation von erneuerbaren Energieträgern beeinflussen.  
(Foto: VRD / fotolia.com)

Einschränkungen unterliegen, etwa durch unausgeglichene Wasserstände und veränderte Abflussmengen.

Zu diesen Einschränkungen kommen für alle erneuerbaren Energieträger, von Geothermie abgesehen, noch möglicherweise zunehmende direkte Schäden an Anlagen oder Flächen infolge von Extremereignissen, z. B. von Stürmen, Starkniederschlägen, Blitzschlag oder Hagel. Massive gleichzeitige Ausfälle größerer Kapazitäten von erneuerbaren Energien sind aufgrund der dezentralen Verteilung der Anlagen aber unwahrscheinlich.

## Schnittstellen

EW-R-1: Diversifizierung der Elektrizitätserzeugung

### Ziele

Erhöhung der Versorgungssicherheit durch sich ergänzende dezentrale und diversifizierte Erzeugungsstrukturen, die erneuerbare Energien einschließen (DAS, Kap. 3.2.9)

Schrittweise Steigerung des Anteils der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch bis auf 80 % im Jahr 2050 (Energiekonzept, S. 5)

## Auf viele Schultern verteilt – die Energieversorgung

Vor allem mit Blick auf häufigere und intensivere extreme Wetter- und Witterungsereignisse und deren Folgen gibt es kaum einen Energieträger, auf den Auswirkungen durch den Klimawandel nicht denkbar wären. Je nach Energieträger sind die möglichen Klimawandelfolgen dabei verschieden und erfordern unterschiedliche Anpassungsmaßnahmen. Um die Risiken für die Zuverlässigkeit und Qualität des Energieversorgungssystems insgesamt gering zu halten, sind eine Senkung des absoluten Endenergieverbrauchs und eine risikomindernde räumliche Verteilung von Energieinfrastrukturen wichtige Bausteine. Auch eine Energieversorgungsstruktur, die viele Energieträger und Kraftwerkstypen nutzt, trägt dazu bei, die Risiken künftiger Klimawandelfolgen auf viele Schultern zu verteilen und dadurch zu mindern.

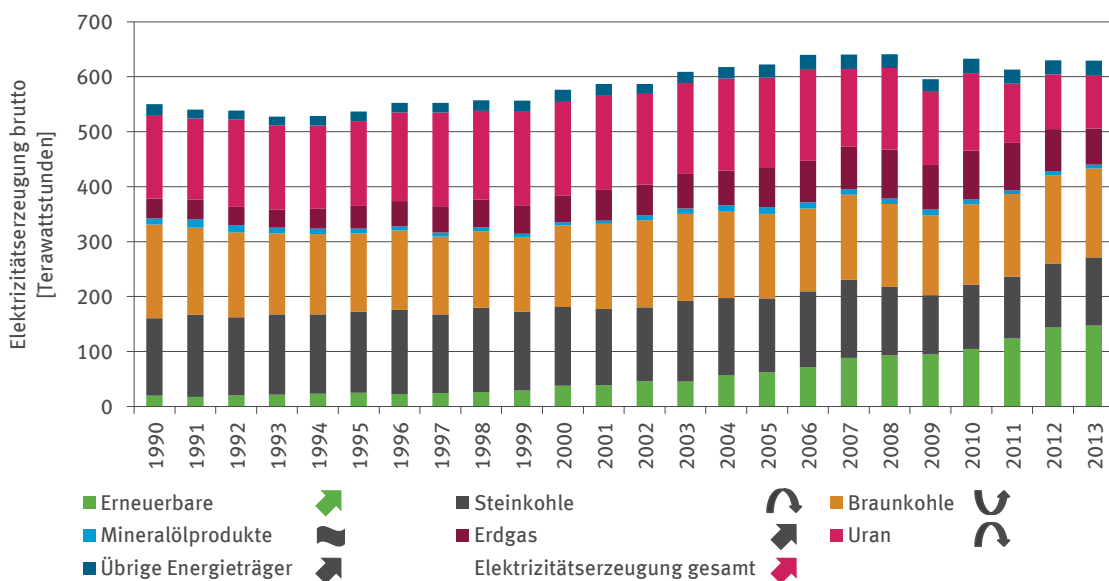
Den Rahmen für den zukünftigen Energieträgermix in Deutschland spannen die energie- und klimaschutzpolitischen Vorgaben auf, die langfristig u. a. auf den vollständigen Ersatz fossiler und nuklearer Energieträger durch klimafreundliche erneuerbare Energien zielen. Wie der

zukünftige Mix der verschiedenen Energieträger mit Blick auf die Auswirkungen des Klimawandels optimal gestaltet werden kann, ist bislang aber noch unklar. Eine Gleichverteilung aller Energieträger ist nicht erstrebenswert. Sie lässt sich technisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll umsetzen, denn nicht nur die Klimawandelrisiken, auch die Potenziale für den Beitrag zur Energieversorgung sind für die verschiedenen Energieträger sehr unterschiedlich. Zudem hat eine Streuung auf verschiedene Energieträger nicht zwangsläufig risikomindernde Effekte, z. B. wenn andauernde sommerliche Trockenheit die Stromproduktion von Wasserkraftwerken einschränkt und gleichzeitig die Wirkungsgrade von Photovoltaik-Anlagen und Gasturbinen durch Hitze vermindert sind.

Die energie- und klimaschutzpolitischen Weichenstellungen der vergangenen Jahre haben eine hohe Dynamik in der Energiewirtschaft ausgelöst und Bewegung in die Energieträgerstruktur gebracht. Das gilt besonders für die Stromerzeugung, bei der die erneuerbaren Energien sehr stark und mit signifikantem Trend zunehmen. Im Bereich

### EW-R-1: Diversifizierung der Elektrizitätserzeugung

Die energiepolitischen Weichenstellungen der letzten Jahre haben bei einer nach wie vor zunehmenden Stromerzeugung eine stärker diversifizierte Struktur hervorgebracht, die im Sinne einer Risikostreuung auch die Anpassung an den Klimawandel unterstützen kann. Klimaschutz- und Anpassungsziele lassen sich dabei vor allem durch eine stärkere Nutzung CO<sub>2</sub>-armer, insbesondere erneuerbarer Energieträger verbinden.



Datenquelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Bruttostromerzeugung)

des Endenergieverbrauchs für Wärme (Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme) und Kälte (Klimatisierung, Prozesskälte) stieg der Anteil der erneuerbaren Energien ebenfalls an, insgesamt ist der Transformationsprozess jedoch langsamer. Rückgänge betrafen bei der Stromerzeugung vor allem Steinkohle und Kernenergie, während Gas und in den letzten Jahren zunehmend auch die mit hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen verbundene Braunkohle an Bedeutung gewannen. Bei der Wärme- bzw. Kälteerzeugung nahm der Einsatz von Mineralöl und dem wichtigsten Energieträger für diesen Anwendungsbereich, dem Gas, signifikant ab. Davon profitierten neben den erneuerbaren Energien vor allem die Fernwärme und die CO<sub>2</sub>-intensive Kohle. Im Ergebnis ist die Energieversorgung, vor allem mit Blick auf die Stromerzeugung, heute auf mehr Schultern verteilt als Anfang der 1990er Jahre. Angesichts der bestehenden Unklarheiten, wie ein zuverlässiges und wirtschaftliches Energiesystem gestaltet sein kann, das sowohl treibhausgasarm als auch klimaresilient ist, lassen sich diese Entwicklungen zumindest aus Anpassungssicht bislang aber nur schwierig bewerten. Voraussetzung hierfür wäre es, die energieträgerspezifischen Klimarisiken zu analysieren und diese in den Entwicklungsvorstellungen für eine zukünftige Energielandschaft zu integrieren.

### Schnittstellen

EW-I-4: Potenzieller und realer Windenergieertrag  
 BAU-R-2: Spezifischer Energieverbrauch der privaten Haushalte für Raumwärme

### Ziele

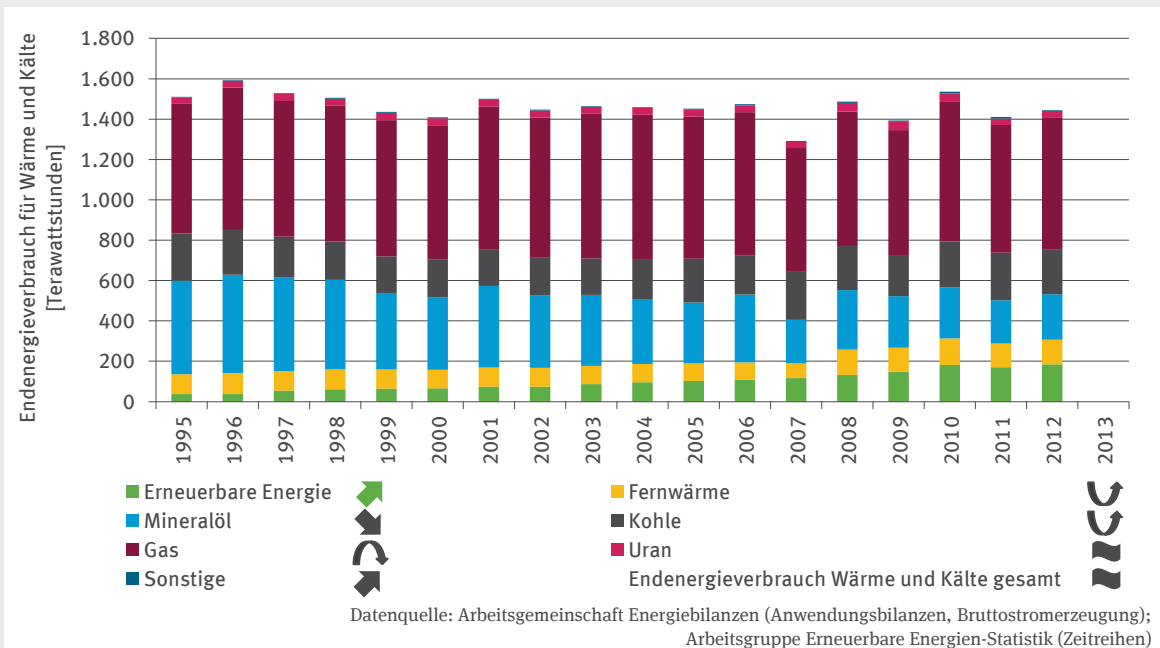
Erhöhung der Versorgungssicherheit durch sich ergänzende [...] diversifizierte Erzeugungsstrukturen, die erneuerbare Energien einschließen (DAS, Kap. 3.2.9)

Sichere [...] Versorgung der Allgemeinheit mit Elektrizität und Gas, die zunehmend auf erneuerbaren Energien beruht (Energiewirtschaftsgesetz, § 1 (1))

Ungeachtet dessen führte der Zuwachs der erneuerbaren Energieträger sowohl bei der Stromerzeugung als auch beim Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte zu einem stärker diversifizierten Energieträgermix, der durch eine breitere Streuung der Risiken die Anpassung an den Klimawandel unterstützen kann und der gleichzeitig durch die Vermeidung von Treibhausgasemissionen zum Klimaschutz beiträgt.

## EW-R-2: Diversifizierung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte

Beim Endenergieverbrauch zur Wärme- und Kältengewinnung sind seit einigen Jahren stärkere Schwankungen zu beobachten, wobei sich die einzelnen Energieträger sehr unterschiedlich entwickeln. Grundsätzlich positiv ist auch hier die breitere Risikostreuung durch den Aufwärtstrend der erneuerbaren Energieträger zu bewerten, der gleichzeitig zum Klimaschutz beiträgt.



## Energiespeicherung für mehr Netzlastizität

Die zunehmende Einspeisung erneuerbaren Stroms erhöht die Anforderungen an die Flexibilität des Energieversorgungssystems. Hintergrund ist unter anderem die Frage, wie der in Spitzenzeiten z. B. aus Wind- und Sonnenenergie über den regionalen Bedarf hinaus erzeugte Strom sinnvoll verwendet werden kann. Für einen großräumigen Ausgleich wird u. a. der Ausbau der Stromnetze vorangetrieben. Auch ein verstärktes Last- sowie Einspeisemanagement und eine flexible Fahrweise verbleibender konventioneller Kraftwerke tragen zu einer höheren Flexibilität bei. Damit unterstützen diese Maßnahmen auch die Klimaanpassung des Stromversorgungssystems, z. B. wenn es zukünftig zu stärkeren zeitlichen und regionalen Ungleichgewichten von Stromangebot und -nachfrage kommt.

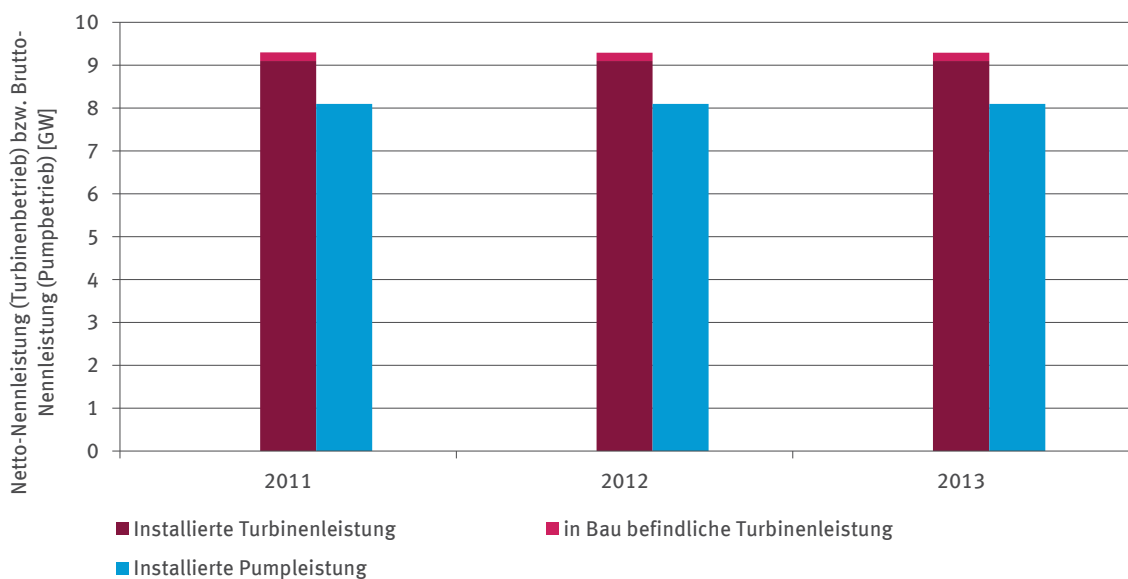
Eine weitere Flexibilisierungsoption sind Speichertechnologien, die insbesondere bei sehr hohen Anteilen erneuerbaren Stroms von zunehmender Bedeutung sind. Durch den Strombezug, d. h. den zur Befüllung von

Speichern notwendigen Stromverbrauch, und die spätere Wiedereinspeisung in das Stromsystem können Speichertechnologien dazu beitragen, eine klimawandelbedingt möglicherweise zunehmende Fluktuation der Stromerzeugung z. B. aus erneuerbaren Energien abzufedern. Höhere Speicherkapazitäten stärken dann die Elastizität des Stromnetzes. Bedeutender für die Anpassung erscheinen aus heutiger Sicht die Seite der Stromerzeugung, u. a. um elektrischen Strom schnell verfügbar machen und kurzfristige Lastspitzen abfangen zu können, sowie das Lastmanagement.

Die in Deutschland derzeit mit weitem Abstand bedeutendste Technologie zur „Speicherung“ elektrischer Energie sind Pumpspeicherkraftwerke. Bei einem Überangebot an Strom befördern Pumpen Wasser unter Einsatz elektrischer Energie von einem Unter- in ein Oberbecken. Zu einem späteren Zeitpunkt wird die Lageenergie des Wassers genutzt, um beim Ablassen des Wassers aus dem Ober- ins Unterbecken eine Turbine anzutreiben und in

### EW-R-3: Möglichkeiten der Stromspeicherung

Pumpspeicherkraftwerke sind derzeit die wichtigste Technologie, um in Deutschland Energie in großtechnischem Maßstab zu speichern. Für die Erzeugung von Strom ist in diesen Kraftwerken eine installierte Turbinenleistung von ca. 9 Gigawatt verfügbar; um die Speicher zu befüllen, sind Pumpen mit einer Gesamtleistung von ca. 8 Gigawatt installiert.



Datenquelle: Bundesnetzagentur (Monitoring gemäß § 35 EnWG, Kraftwerksliste)

einem Generator Strom zu erzeugen. In Pumpspeicherkraftwerken in Deutschland steht eine installierte Turbinenleistung von 6,2 Gigawatt (GW) zur Verfügung, außerdem sind Kraftwerke in Luxemburg (1,1 GW) und Österreich (1,8 GW) an das deutsche Stromnetz angeschlossen. Die installierte Turbinenleistung kann theoretisch abgerufen werden, solange der Turbinenbetrieb in allen Kraftwerken durch Wasser aus den Oberbecken gespeist werden kann, d. h. für etwa drei bis vier Stunden. Danach erschöpfen sich die Kapazitäten der Speicher sukzessive, die Turbinenleistung steht nach und nach nicht mehr für die Stromerzeugung zur Verfügung. Im Jahr 2010 betrug die maximale Kapazität der Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland für die Stromerzeugung insgesamt ca. 41 Gigawattstunden (GWh), die bei voller Leistung für etwa sechs Stunden erzeugt werden können. Die installierte Pumpleistung der Kraftwerke beträgt ca. 8 GW. Um die leeren Speicherbecken vollständig zu befüllen, ist bei voller Leistung eine Zeit von ca. neun Stunden und eine Pumarbeit von rund 55 GWh notwendig, für die Strom aus dem Elektrizitätsnetz bezogen werden muss.<sup>19</sup>

Ein weiterer Ausbau von Pumpspeicherkraftwerken stößt in Deutschland aus verschiedenen Gründen an eng gesetzte Grenzen. In der Öffentlichkeit treffen solche Vorhaben oft auf massive Widerstände von Anwohnern und Erholungssuchenden, nicht zuletzt wegen der in aller Regel auftretenden erheblichen Eingriffe in Natur und Landschaft. Zudem liegen potenzielle Standorte von Pumpspeicherkraftwerken zumeist nicht dort, wo Überschüsse von erneuerbaren Energien erzeugt werden. Aber auch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen haben sich verändert: Hohe Einspeisungen von Strom aus Photovoltaikanlagen in der Mittagszeit führen dazu, dass früher typische Mittagsspitzen des Strompreises an der Strombörse abflachen und damit die Erträge von Pumpspeicherkraftwerken sinken.

Vor diesem Hintergrund und angesichts des grundsätzlichen Bedarfs an Flexibilisierungsoptionen erscheint neben einer Weiterentwicklung der eingangs genannten sonstigen Optionen eine technologische Weiterentwicklung von Speichertechnologien sinnvoll, um insbesondere notwendige Kostensenkungen zu erreichen. Letztlich wird der Wettbewerb aller Flexibilisierungsoptionen über den Einsatz der Speichertechnologien entscheiden.

Derzeit werden verschiedene Technologien intensiv erforscht. Dazu gehört u. a. die Optimierung von Druckluftspeichern, einer Technologie, die sich seit 1978 im niedersächsischen Gasturbinenkraftwerk Hüntdorf im Einsatz befindet. Zur Energiespeicherung wird dabei Luft in Kavernen gepumpt und komprimiert. Bei der



Pumpspeicherkraftwerke können sowohl verbrauchs- als auch erzeugungsseitig zur Steuerung des Stromversorgungssystems beitragen. (Foto: Marco Barnebeck / pixelio.de)

Stromerzeugung übernimmt die Druckluft dann die Rolle des Verdichters, der bei herkömmlichen Gasturbinen bis zu zwei Drittel der Gesamtarbeit verbraucht. Des Weiteren wird aktuell an der Weiterentwicklung von Wasserstoff-, sonstigen Gas- sowie Batteriespeichern geforscht.

## Schnittstellen

EW-I-4: Potenzieller und realer Windenergieertrag

## Ziele

Mittelfristige Erschließung der verfügbaren deutschen Potenziale für Pumpspeicherkraftwerke im Rahmen der technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten; Intensivierung der Forschung zu neuen Speichertechnologien und Unterstützung bis zur Marktreife (Energiekonzept, S. 21)

Zunehmend bedarfsgerechte Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien u. a. auch durch die verstärkte Nutzung von Speichern (Eckpunktepapier Energiewende, Nr. 14)

## Wärme­kraftwerke – immer unabhän­giger von küh­lem Frischwasser

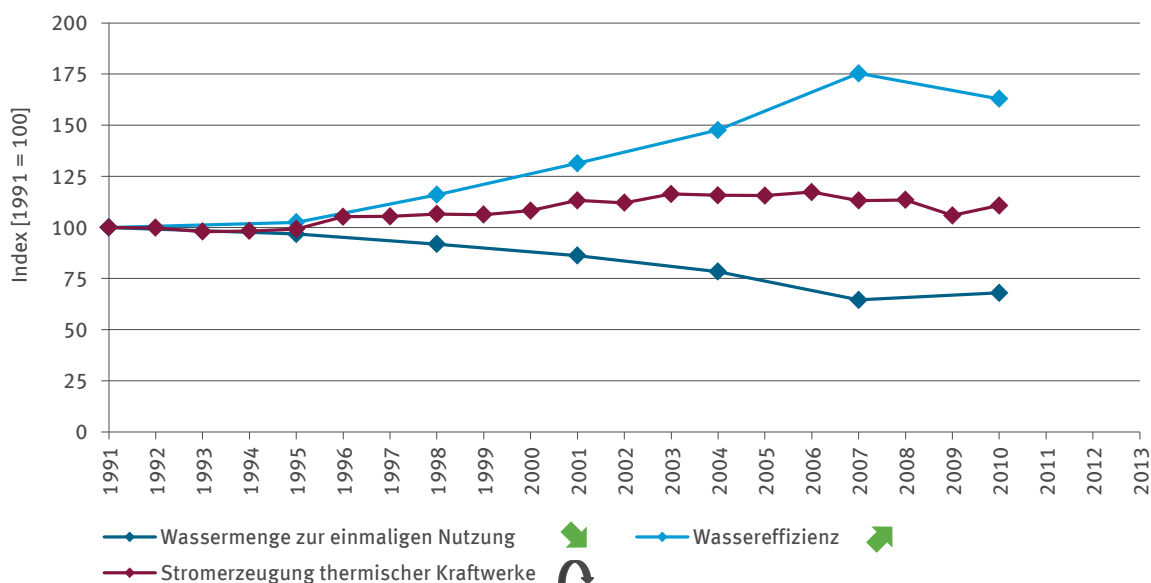
In heißen und trockenen Sommern kann die Versorgung mit Frischwasser für Kühlzwecke ein Flaschenhals für die Stromerzeugung in Wärme­kraftwerken sein. Diese Kraftwerke produzieren rund drei Viertel des Stroms in Deutschland und dominieren bislang die Erzeugungsstrukturen. Große Teile des Kraftwerk­parks sind dabei von der Verfügbarkeit von Kühlwasser abhängig, weshalb die Energiewirtschaft auch bei weitem der größte Wassernutzer hierzulande ist: Annähernd zwei Drittel des zur Nutzung entnommenen Grund- und Oberflächenwassers werden in Deutschland zu Kühlzwecken in Wärme­kraftwerken eingesetzt, mehr als 90 % hiervon in Durchlaufkühlsystemen. Dies ist wirtschaftlich die effizienteste und daher auch die häufigste Art der Kraftwerkskühlung in Deutschland, gleichzeitig aber auch die wasserintensivste. Das Kühlwasser wird einem Wasserkörper entnommen und einmalig zur Kühlung des Dampfkreislaufs im Kraftwerk genutzt. Anschließend wird das erwärmte Wasser

dem Wasserkörper wieder zugeführt. Abhängig vom Standort können dabei Kühltürme zum Einsatz kommen, um die Temperatur des Kühlabwassers zu verringern und eine unerwünschte bzw. unzulässige Erwärmung der Flüsse, in die das Wasser eingeleitet wird, zu vermeiden.

Um Mangelsituationen vorzubeugen, kann der Kühlwasserbedarf für thermische Kraftwerke u. a. mithilfe technischer Maßnahmen verringert werden. Ein wesentlicher Ansatzpunkt hierfür ist die Art der Kühlwassernutzung. So können Kreislaufkühlsysteme den Wasserbedarf von thermischen Kraftwerken deutlich reduzieren und sie von Frischwasser weitgehend unabhängig machen. Die Kühlung kann dabei in einem offenen System (Nasskühlung) oder geschlossenen System (Trockenkühlung) erfolgen. Bei offenen Systemen ist eine Wasserentnahme aus Gewässern nur für den Ausgleich des Verdunstungsverlusts notwendig und beträgt im Vergleich zur

### EW-R-4: Wassereffizienz thermischer Kraftwerke

Der Einsatz von Frischwasser zu Kühlzwecken ging durch Effizienzsteigerungen und Maßnahmen wie Mehrfach- bzw. Kreislaufnutzungen signifikant zurück und lag 2010 um etwa ein Drittel niedriger als 1991. Im selben Zeitraum nahm die damit in thermischen Kraftwerken erzeugte elektrische Arbeit zu, sodass die Wassereffizienz bis 2007 deutlich anstieg. Bis zum Jahr 2010 sank die Wassereffizienz dagegen wieder.



Datenquelle: StBA (Umweltstatistik, Monatsbericht über die Elektrizitätsversorgung)



Durchlaufkühlung nur etwa 2 bis 3,5 %. Bei der Trockenkühlung wird die Wärme über einen Wärmetauscher durch Konvektion an die Luft abgegeben. Ein Verdunstungsverlust findet nicht statt, d. h. der Wasserbedarf wird auf ein Minimum reduziert. Die beiden Systeme können auch in sogenannten Hybridanlagen kombiniert werden.

Neben dem zunehmenden Einsatz wassersparender Technologien spielt die technische Optimierung der Wärmekraftwerke eine wichtige Rolle für die Wassereffizienz. In den vergangenen Jahrzehnten konnten die Wirkungsgrade von Kraftwerken mit fossilen Energieträgern beträchtlich gesteigert werden. Als Folge dieser Entwicklungen nahm die Wassereffizienz bis 2007 kontinuierlich zu. Die seither leicht rückläufige Tendenz kann mit den eingeleiteten Änderungen der Erzeugungsstrukturen und dem Wirkungsgradverlust zusammenhängen, den die Nutzung von Kreislaufkühlsystemen mit sich bringt. Letzterer ist technisch durch den höheren Eigenverbrauch für den Betrieb von Pumpen sowie bei der Trockenkühlung durch die thermodynamische Kühlwirkung bedingt und beträgt bei der Nasskühlung etwa 2 bis 3 %, bei der Trockenkühlung etwa 10 %. Seit 2007 tragen Kernkraftwerke und Steinkohlekraftwerke einen geringeren Anteil zur Stromerzeugung bei. Möglicherweise wurden dabei Spielräume ausgeschöpft, die Produktion auf Kraftwerke mit einem besonders hohen Wirkungsgrad, aber einer geringeren Wassereffizienz zu konzentrieren.

Insgesamt wird der Kühlwasserbedarf thermischer Kraftwerke im Zuge der Energiewende künftig eine abnehmende Rolle spielen, wobei die derzeitigen Entwicklungstendenzen noch uneinheitlich sind. Welche Bedeutung zukünftig einer wassersparenden Kühlwassernutzung zukommt, ist derzeit noch nicht vollständig absehbar.



Wassereffiziente Kühlsysteme sind unabhängiger von Frischwasser und weniger empfindlich gegenüber Trockenperioden. (Foto: Kurt Michel / pixelio.de)

### Schnittstellen

EW-I-3: Umgebungstemperaturbedingte Stromminderproduktion thermischer Kraftwerke  
 WW-R-1: Wassernutzungsindex  
 WW-I-4: Niedrigwasser

### Ziele

Erwägen von technischen Methoden und Verbesserungen zum effizienteren Kühlung von Kraftwerken nach dem Prinzip der Verhältnismäßigkeit (DAS, Kap. 3.2.3)

Ermittlung und Bewertung von möglichen Versorgungsrisiken und Erüierung von Maßnahmen zu ihrer Reduzierung (DAS, Kap. 3.2.9)



© Tim Reckmann / pixelio.de

# Finanzwirtschaft

Versicherer, Kreditinstitute und weitere Akteure des Finanzsektors sind auf verschiedene Weise mit den Risiken und Folgen des Klimawandels konfrontiert. Ihre Kunden, d. h. Privatpersonen und Unternehmen, sind durch Fremdfinanzierungen und Versicherungen eng mit dem Finanzsektor verbunden. Das bedeutet, die Klimarisiken der Geschäftspartner können zu Risiken der Finanzinstitute werden.

Die Geschäftstätigkeit von Versicherungen basiert auf dem Grundprinzip der kollektiven Risikoübernahme und -teilung. Voraussetzung für den Erfolg des Versicherungsgeschäfts ist es, Risiken realistisch zu bewerten und den Umfang möglicher Schäden statistisch abschätzbar zu machen, um auf dieser Basis die erforderlichen Versicherungsbeiträge kalkulieren zu können. Versicherer beschäftigen sich daher schon seit längerem intensiv mit den möglichen Folgen des Klimawandels und entwickeln Strategien, um in Zukunft auch mit größeren und häufigeren Schadensereignissen umgehen zu können.

Demgegenüber schätzen die Kreditinstitute die physischen Risiken des Klimawandels zumindest für die nahe Zukunft als beherrschbar ein. Negative Auswirkungen auf die Bonität und Liquidität sowie die Sicherheiten von Schuldner oder die Möglichkeit eines Wertverlusts von Vermögensanlagen werden bislang kaum als Risiko gesehen. Dies gilt insbesondere für die regionalen Kreditinstitute, die nahezu ausschließlich innerhalb Deutschlands aktiv sind und einen großen Teil des inländischen Kreditgeschäfts abwickeln. Für die Kreditinstitute stehen vielmehr Regulationsrisiken, die aus sich verschärfenden Klimaschutz-Auflagen für ihre Kunden entstehen, oder Reputationsrisiken, die mit Investitionen in klimaschädliche Projekte einhergehen können, im Vordergrund.

## Auswirkungen des Klimawandels

Schadenaufwand und Schadensatz in der  
Verbundenen Wohngebäudeversicherung (FiW-I-1) ... 172

Schadenquote und Schaden-Kosten-Quote bei der  
Verbundenen Wohngebäudeversicherung (FiW-I-2) ... 174

Betroffenheit durch Stürme und Hochwasser  
(FiW-I-3) ..... 176

## Anpassungen

Versicherungsdichte der erweiterten Elementar-  
schadenversicherung für Wohngebäude (FiW-R-1)..... 178

## Sturm und Hagel: Treiben verstärkte Unwetter die Schäden in die Höhe?

Der Zusammenhang zwischen Klimawandel und steigenden Schäden durch Unwetter gilt noch nicht als gesichert, allerdings sprechen viele Indizien dafür. So wird für die Zukunft von häufigeren und extremeren Starkniederschlagsereignissen ausgegangen, die Überschwemmungen zur Folge haben können. Für die Entwicklung der Häufigkeit und Intensität von Stürmen lässt sich derzeit in Deutschland allerdings noch kein klarer Trend erkennen. Auch Projektionen in die Zukunft sind im Gegensatz zu Temperaturvorhersagen schwierig. Allerdings zeigen inzwischen mehrere wissenschaftliche Studien, dass die Heftigkeit der stärksten Stürme und damit auch das Ausmaß von sturmbedingten Schäden zunehmen werden.

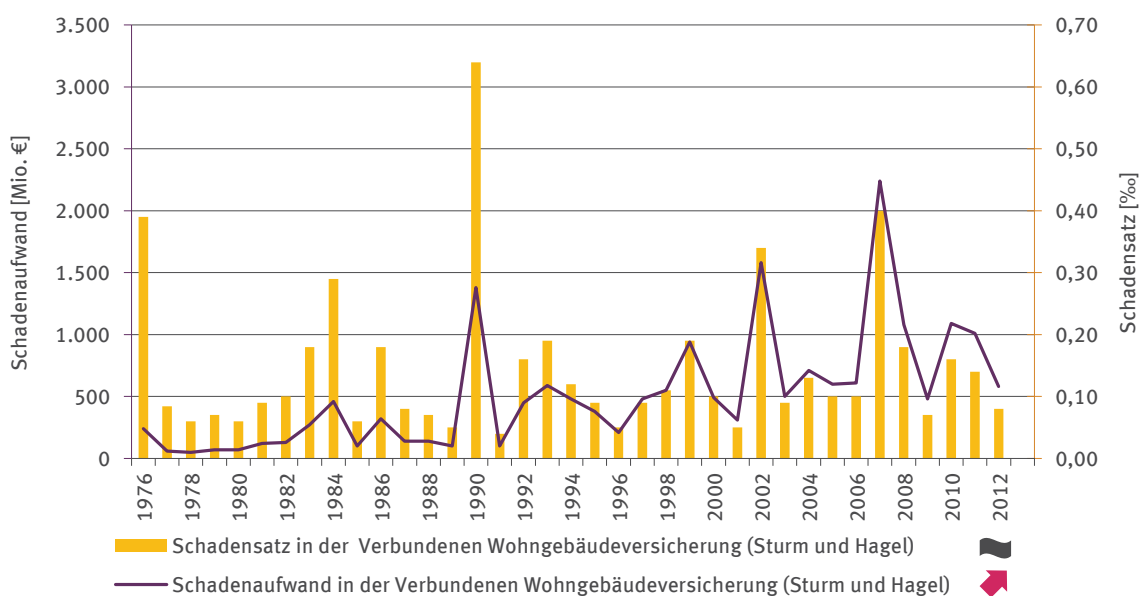
Fast jeder Hausbesitzer in Deutschland hat heute sein Gebäude über eine sogenannte Verbundene Wohngebäudeversicherung versichert. „Verbunden“ bedeutet, dass die

Versicherung verschiedene Schadentreiber einschließt. Versichert sind je nach Vertrag Schäden durch Feuer, Leitungswasser, Sturm, Hagel und Brand sowie zunehmend auch Elementarschäden u. a. durch Hochwasser und Starkregen. Erfahrungsgemäß sind die Schadenssummen durch Brand, Blitzschlag, Explosion und Leitungswasser über die Jahre hinweg annähernd stabil. Im Falle der Sturm- und Hagelschäden sowie der Elementarschäden schwanken die Schäden dagegen stärker von Jahr zu Jahr. Schadensereignisse können in manchen Jahren in Abhängigkeit der Witterung gehäuft auftreten, und einzelne sehr heftige Ereignisse können große Schäden verursachen. Andere Jahre verlaufen dagegen vergleichsweise „ruhig“.

Private Gebäude sind zu über 90 % gegen Sturm und Hagel versichert, was annähernd einer Marktsättigung gleichkommt. Bei dieser hohen Versicherungsdichte

### FiW-I-1: Schadenaufwand und Schadensatz in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung

Starke Stürme und Unwetter verursachen den Versicherern hohe Kosten in der privaten Wohngebäudeversicherung. Bisher ist die Zeitreihe stark von einzelnen extremen Unwetterereignissen geprägt. Seit 1990 zeichnet sich aber ein signifikanter Trend zunehmender Schadenssummen ab.



Datenquelle: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.

erlauben die Schadensstatistiken der Versicherungsunternehmen bundesweite Aussagen zum Auftreten von Extremereignissen, da auch regional oder lokal auftretende Ereignisse stets auf versicherte Werte treffen und im Schadensfall entsprechende Forderungen von Auszahlungen nach sich ziehen. Für Elementarschäden durch Hochwasser und Starkregen gilt das in dieser Weise nicht, weil bislang deutlich weniger Gebäude gegen diese Schäden versichert sind.

Typische Sturmschäden an Gebäuden sind losgerissene Dachziegel oder Dach- und Fassadenteile und zerbrochene Fenster- oder Türscheiben. Indirekt können Gebäude durch umgefallene oder abgebrochene Bäume und Masten oder Schäden an Gebäuden in der Nachbarschaft beeinträchtigt werden. Hagelkörner haben in Abhängigkeit von ihrer Größe eine enorme Schlagkraft und beschädigen dann Dächer, Fensterscheiben oder Verblendungen. Die Wohngebäudeversicherung deckt ausschließlich Schäden an Sachen ab, die fest mit dem Gebäude verbunden sind, sowie Schäden, die am Haus z. B. durch umgestürzte Bäume oder herumfliegende Ziegel verursacht werden.

Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft führt seit den 1970er Jahren die Daten zum Schadenaufwand der deutschen Versicherungsunternehmen in der privaten Sachversicherung zusammen. In dieser Zeit ist der Schadenaufwand für Sturm und Hagel signifikant gestiegen. Außerdem wird deutlich, in welchem Umfang Einzelereignisse die Schadenssummen in die Höhe treiben, so wie die schweren Orkane Daria, Vivian und Wiebke im ersten Quartal 1990, einem der mildesten Winter des 20. Jahrhunderts, die großen Orkane Anna und Jennifer Anfang 2002 und Jeanette im Oktober 2002 u. a. in Nordrhein-Westfalen. Hinzu kam in 2002 ein schweres Juli-Unwetter in Berlin und Brandenburg, das in einer Wetterkonstellation entstanden ist, die seit Jahrzehnten nicht mehr aufgetreten war. Das Orkantief Kyrill im Januar 2007 beeinträchtigte das öffentliche Leben in weiten Teilen Europas und forderte 47 Todesopfer. Ende Februar 2010 verursachte das Sturmtief Xynthia in Deutschland Schäden in Höhe von 500 Millionen Euro. Deutlich wird auch, dass sich nach 1990 die Situation noch einmal verschärft hat, d. h. der Schadenaufwand noch einmal stärker gestiegen ist.

Steigende Schadenssummen lassen allerdings keine unmittelbaren Rückschlüsse auf häufigere und heftigere Wetterextreme zu. Dies ist darin begründet, dass die Schadenssummen auch wesentlich von der Höhe der versicherten Werte abhängen. Mit Wertsteigerungen der versicherten Objekte beispielsweise durch hochwertigere



Stürme und Hagel können große Schäden an Gebäuden anrichten. (Foto: Dieter Hopf / pixelio.de)

Fußbodenbeläge, sanitäre und elektrische Anlagen sowie Zentralheizung und Klimaanlage und dem Inflationausgleich steigen die Werte, die die Versicherer decken.

Eine um Wertsteigerungen und Inflation bereinigte Größe ist der Schadensatz. Er setzt den Schadenaufwand, den ein Versicherer zu leisten hat, ins Verhältnis zur Versicherungssumme. Bestimmend für den Schadensatz ist die Entwicklung der Schadentreiber, d. h. die Häufigkeit und Stärke von Schadensereignissen wie Sturm und Hagel. Bei Betrachtung dieser Zeitreihe wird deutlich, dass es im Gegensatz zum Schadenaufwand im betrachteten Zeitraum keinen signifikanten Anstieg gab, aber dass sich die Spitzen durch die besonders schweren Unwetter noch eindeutiger abbilden.

## Schnittstellen

FiW-I-2: Schadenquote und Schaden-Kosten-Quote bei der Verbundenen Wohngebäudeversicherung

FiW-R-1: Versicherungsdichte der erweiterten Elementarschadenversicherung für Wohngebäude

## Ziele

Aktives Management der Risiken und Chancen durch Banken und Versicherungen (DAS, Kap. 3.2.10)

## Für die Versicherer könnte es teuer werden

Steigende Schadensätze bedeuten steigende Leistungsanforderungen an die Versicherer, denn das Verhältnis zwischen Einnahmen und Ausgaben in dem jeweiligen Versicherungssegment verändert sich. Das ist für die Versicherungen von Bedeutung für ihre Bilanz. So hat der Orkan Kyrill im Jahr 2007 für eine Sachschadenbelastung von etwa 2,2 Milliarden Euro gesorgt. Noch höher wurden die Bilanzen der Sachversicherer im Jahr 2002 belastet. Neben den Orkanen Anna und Jennifer und dem Unwetter in Berlin und Brandenburg hat die Elbflut in erheblichem Umfang Elementarschäden verursacht.

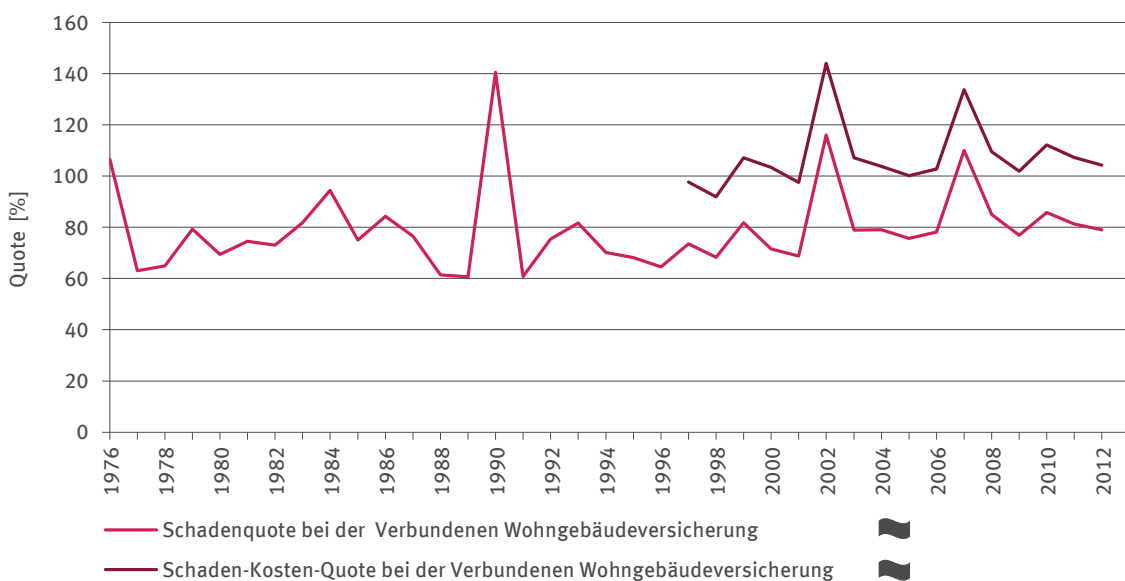
Ob ein Versicherungssegment profitabel ist, zeigt die sogenannte Schaden-Kosten-Quote („Combined Ratio“). Liegt die Quote über 100 %, bedeutet dies, dass das Unternehmen mit diesem Versicherungsgeschäft Verlust macht. Im Segment der Verbundenen Wohngebäudeversicherung liegt die Schaden-Kosten-Quote typischerweise vergleichsweise hoch. Hier kommt es regelmäßig zu versicherungstechnischen Verlusten. Blickt man auf

die vergangenen 16 Jahre zurück, für die die Daten der deutschen Versicherungsunternehmen in der privaten Sachversicherung zentral zusammengeführt werden, wird deutlich, dass es den deutschen Versicherern nur ein einziges Mal, im Jahr 2001, gelang, mit der Verbundenen Wohngebäudeversicherung einen versicherungstechnischen Gewinn zu erzielen. Seit 2002 haben die Wohngebäudeversicherer ein versicherungstechnisches Minus von über 7 Milliarden Euro akkumuliert.

Die Unwetterereignisse der letzten Jahre haben sich in der Schaden-Kosten-Quote der Wohngebäudeversicherung niedergeschlagen. Ein Trend lässt sich allerdings bisher noch nicht ermitteln. Betrachtet man alternativ die Zeitreihe der Schadenquote, welche die Verwaltungs- und Abschlusskosten nicht berücksichtigt und daher keine unmittelbaren Aussagen zur Rentabilität des Versicherungsgeschäfts zulässt, zeigt sich ein ähnliches Bild. Auch hier ist ein Trend noch nicht ersichtlich.

### FiW-I-2: Schadenquote, Schaden-Kosten-Quote bei der Verbundenen Wohngebäudeversicherung

Die Verbundene Wohngebäudeversicherung ist für die Versicherer heute ein wenig rentables Geschäft. Ob und wie zukünftig Preisreaktionen auf steigende Schadensummen möglich sind, wird sich in den nächsten Jahren zeigen. Ein signifikanter Trend hin zu höheren Quoten bildet sich über den gesamten Betrachtungszeitraum derzeit noch nicht ab.



Datenquelle: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.

Sollten die Schadenssummen im Verhältnis zu den versicherten Werten in den nächsten Jahren und Jahrzehnten infolge zunehmender Extremereignisse ansteigen, müssen die Versicherungsunternehmen ihre Kalkulationen der Prämien anpassen. Grundsätzlich ist dies möglich, denn nach dem Versicherungsvertragsgesetz haben Verträge im Sachversicherungsbereich eine maximale Laufzeit von drei Jahren. Allerdings ist zurzeit besonders bei der verbundenen Wohngebäudeversicherung die Preiskonkurrenz am Versicherungsmarkt hoch. Das heißt, die Höhen der Prämien lassen sich nicht einfach an zunehmende Schadenssummen anpassen, denn sonst droht den Versicherern der Verlust von Kunden an ihre Konkurrenz.

Trotzdem wird sich die Versicherungswirtschaft natürlich an die veränderte Situation anpassen. Wollen die Versicherungsunternehmen Prämiensteigerungen für ihre Kunden vermeiden, werden sie voraussichtlich mehr Eigenvorsorge von diesen einfordern müssen. Das bedeutet, die Hausbesitzer müssen selbst aktiv werden und nachweisen, dass sie durch bauliche Maßnahmen ihre Gebäude besser vor den Folgen von Naturgefahren schützen. Die Versicherungswirtschaft geht aber nach wie vor davon aus, dass Schäden aus Naturgefahren in Deutschland auch angesichts des Klimawandels versicherbar bleiben.



Die Wohngebäudeversicherung deckt auch große Schäden durch Hagelschlag ab. (Foto: GDV – Ihre Deutschen Versicherer)

## Schnittstellen

FiW-I-1: Schadenaufwand und Schadensatz in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung  
BAU-R-3: Fördermittel für klimawandelangepasstes Bauen und Sanieren

## Ziele

Aktives Management der Risiken und Chancen durch Banken und Versicherungen (DAS, Kap. 3.2.10)

## Risikobewusstsein – Schlüssel zur Vorsorge

Wie Menschen Gefährdungen bzw. Risiken wahrnehmen, wie sie die möglichen Folgen und den Handlungsbedarf einschätzen, ist individuell sehr unterschiedlich. Neben harten naturwissenschaftlich belegten und messbaren Faktoren, die das Ausmaß des Risikos bestimmen, gibt es zahlreiche subjektive Komponenten, die die Risikowahrnehmung in erheblichem Maße beeinflussen können. Risikowahrnehmungen sind dabei oftmals verzerrt. Sie können einerseits geprägt sein von unrealistischem Optimismus und der Illusion, alles unter Kontrolle zu haben, andererseits von den Eindrücken aktueller katastrophaler Ereignisse, die große Betroffenheit auslösen und zur Überschätzung einzelner Risiken führen können.

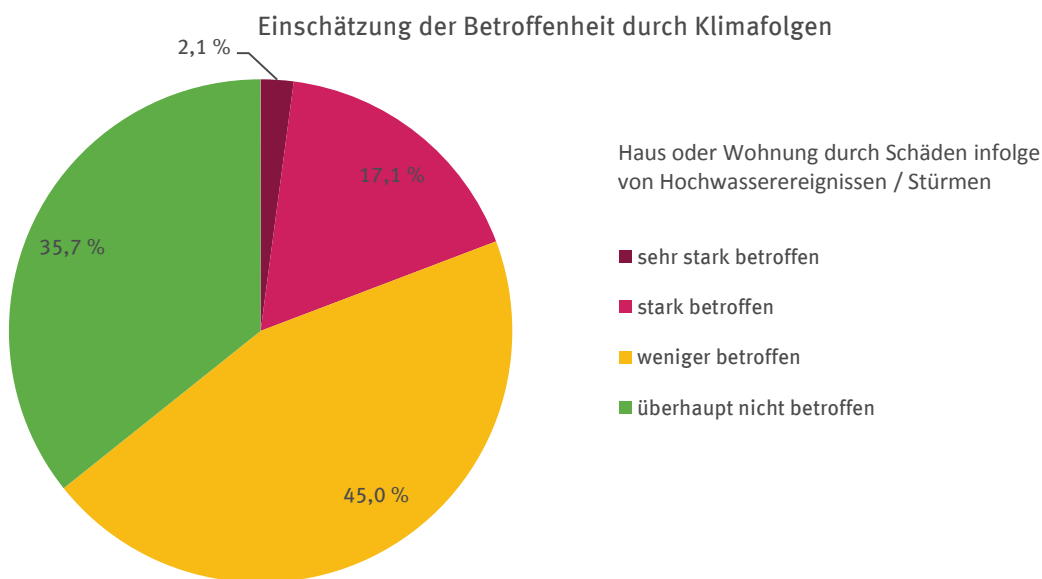
In der im Auftrag des Umweltbundesamts zweijährlich durchgeführten repräsentativen Bevölkerungsumfrage „Umweltbewusstsein in Deutschland“ sollten die Befragten im Jahr 2012 erstmals auch Einschätzungen abgeben, in welchem Umfang sie persönlich von den Folgen des Klimawandels betroffen sein werden. Mehr als

80 % der Befragten gaben an, sie würden sich weniger bis überhaupt nicht in der Gefahr sehen, dass Hochwasserereignisse und Stürme zu Schäden an ihrem Haus oder ihrer Wohnung führen. Dieser im Rahmen dieser Studie bisher nur einmalig erhobene Wert erlaubt allerdings nur eingeschränkte Interpretationen, da er nicht mit der Information über die tatsächliche Exposition der Befragten gegenüber den genannten Klimawandelfolgen verbunden ist. Zu einem ähnlichen Ergebnis zu Risikoeinschätzungen kommen auch andere ähnlich geartete Umfragen. So hat sich der Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft im Rahmen einer forsa-Umfrage im Juni 2013, also kurz nach der Hochwasserkatastrophe, ein Meinungsbild zum Risikobewusstsein in der Bevölkerung eingeholt. Demnach schätzten sogar 90 % der Deutschen das Risiko gering ein, persönlich von Hochwasser, Sturm oder anderen Naturgefahren betroffen zu werden.<sup>20</sup>

Die Realität zeigt jedoch ein anderes Bild, denn das Juni-Hochwasser 2013 traf auch viele Menschen, die

### FiW-I-3: Betroffenheit durch Stürme und Hochwasser

Das Risikobewusstsein in der deutschen Bevölkerung ist trotz der extremen Wetterereignisse der vergangenen Jahre noch immer gering. Nicht einmal ein Viertel der befragten Bürgerinnen und Bürger geht davon aus, dass für ihr Haus oder ihre Wohnung ein reales Schadensrisiko durch Stürme und Hochwasser besteht. Entsprechend gering ist damit auch die Bereitschaft, eine Versicherung abzuschließen, die klimabedingte Risiken abdeckt.



Datenquelle: BMUB & UBA (Umweltbewusstsein in Deutschland 2012)



weitab der großen Flussläufe leben und sich in Sicherheit wähnten.<sup>20</sup> Auch Überschwemmungen durch Starkregen können fernab von hochwassergefährdeten Gebieten entstehen und erhebliche Schäden verursachen. Erwähnenswert sind hier u. a. die Unwetter Zsuzsanna im Jahr 2008, von dem vor allem der Landkreis Dortmund betroffen war, und Rainer im Jahr 2009 mit Schwerpunkt im Landkreis Herne.

Die Wahrnehmung des eigenen Risikos und der möglichen Betroffenheit sowie das Vorhandensein alltags-tauglicher Handlungsoptionen ist eine der wesentlichen Motivationen für jeden Einzelnen, die bestehenden Möglichkeiten der Risikominderung auszuschöpfen und entsprechende Vorsorgemaßnahmen und Absicherungen zu treffen. Daher ist es von Bedeutung, dass die tatsächlichen Risiken, die mit dem Klimawandel verbunden sind, von möglichst vielen Menschen erkannt und realistisch bewertet werden. Hilfestellung hierfür leistet u. a. das internetgestützte Informationsinstrument „Kompass Naturgefahren“ (bis Ende 2014 unter dem Namen ZÜRS public), das Mieter, Hausbesitzer und Unternehmer darüber informiert, wie stark ihr Gebäude durch Hochwasser gefährdet ist. Darüber hinaus erfahren die Nutzer dort, welches Risiko für weitere Naturgefahren wie Starkregen, Sturm, Blitzschlag und Erdbeben besteht. Der „Kompass Naturgefahren“ soll das Bewusstsein der Menschen für die Risiken von Naturereignissen schärfen und zur Eigenvorsorge auffordern. Diesen Service gibt es derzeit für den Freistaat Sachsen, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und Berlin. In weiteren Bundesländern laufen aber die Vorbereitungen für die Einführung. Ziel der Versicherungswirtschaft ist ein nationales Naturgefahrenportal, das von einer Informationskampagne flankiert wird.

Für die Versicherungswirtschaft ist ein angemessenes Risikobewusstsein der Bevölkerung und der Unternehmen eine ihrer wichtigsten Geschäftsgrundlagen. Nur wenn dieses Bewusstsein breit verankert ist und sich infolgedessen viele Menschen versichern, lassen sich ausreichend große Risikogemeinschaften für eine Versicherung bilden, die sicherstellen, dass die Versicherungsprämien erschwinglich sind.

Zum geringen Risikobewusstsein kommt hinzu, dass viele Menschen glauben, sie seien über ihre bestehenden Versicherungen bereits ausreichend gegen Schäden infolge des Klimawandels versichert.<sup>21</sup> In vielen Fällen wird dabei übersehen, dass die übliche Verbundene Wohngebäudeversicherung beispielsweise Schäden aus starken Überflutungen nicht abdeckt.



Viele Menschen schätzen das Risiko, dass ihr Haus oder ihre Wohnung durch Klimawandelfolgen Schaden nehmen könnte, für nur gering ein. (Foto: Thaut Images / fotolia.com)

## Schnittstellen

FiW-I-1: Schadenaufwand und Schadensatz in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung

BS-R-1: Information zum Verhalten im Katastrophenfall

HUE-1: Wahrnehmung des Problemfelds Klimawandelfolgen

## Ziele

Aufklärung von Kunden und Behörden über klimarelevante Zusammenhänge und Schaffung finanzieller Anreize durch entsprechende Vertragsgestaltung durch die Versicherungswirtschaft (DAS, Kap. 3.2.10)

## Appell an die Eigenvorsorge: Elementar versichern

Die Wohngebäudeversicherung gegenüber Sturm und Hagel ist bei den Hausbesitzern inzwischen eine Selbstverständlichkeit. Demgegenüber hat sich der Abschluss von Versicherungen gegenüber anderen extremen Naturereignissen wie Starkregen und Hochwasser noch nicht in der Breite durchgesetzt, auch wenn gerade für diese Gefahren eine Zunahme infolge des Klimawandels zu befürchten ist. Jeder kann dabei von Schäden an seiner Immobilie betroffen sein.

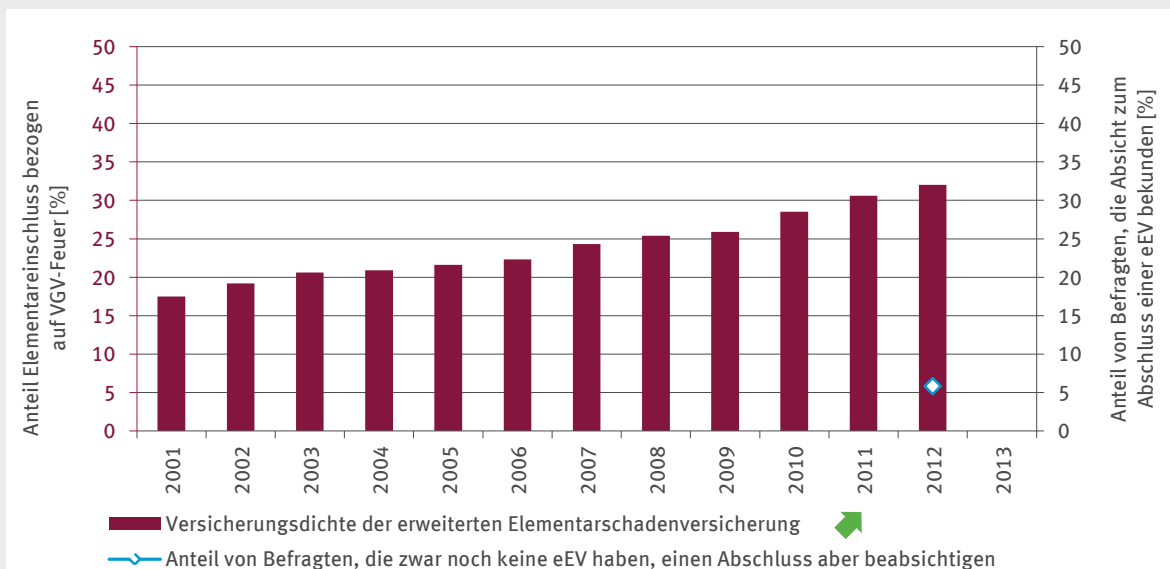
Im Schadensfall haben die geschädigten Privatleute und Gewerbetreibende in der Vergangenheit häufig staatliche und nicht-staatliche Hilfen erhalten, so zum Beispiel nach dem extremen Elbe- und Donau-Hochwasser vom Sommer 2002, das Schäden in Höhe von insgesamt über 11 Milliarden Euro verursachte. Für Wiederaufbau und Schadenersatz wurde der Bund-Länder-Fonds „Aufbauhilfe“ eingerichtet. Er speiste sich zu 3,5 Milliarden Euro aus Bundes- und 3,6 Milliarden Euro aus Landesmitteln. 923 Millionen Euro davon flossen allein in die Instandsetzung

beschädigter Wohngebäude sowie in die Erneuerung beschädigter oder zerstörter Bauteile. Außerdem kam es zu einem unerwartet hohen Spendenaufkommen in Höhe von 340 Millionen Euro für die Betroffenen.<sup>22</sup> Ähnlich hoch waren die Schäden des Juni-Hochwassers 2013, das Sachsen-Anhalt, Sachsen, Bayern und Thüringen am schlimmsten betroffen hat. In diesem Falle stifteten Bund und Länder einen Fluthilfefonds mit über 8 Milliarden Euro aus, wobei zu dem an Privatleute und Gewerbetreibende ausgezahlten Anteil noch keine Daten vorliegen.<sup>23</sup>

In Anbetracht der erheblichen Mittel, die in die Fluthilfe fließen, und da staatliche Hilfen nicht alle privaten Schäden decken können, appelliert der Staat an Haus- und Wohnungsbesitzer sowie Mieter, in größerem Umfang Eigenvorsorge zu betreiben, um mögliche Schäden und damit auch Anforderungen an staatliche Hilfen zu reduzieren. Zur Eigenvorsorge gehört neben baulichen Maßnahmen vor allem auch ein ausreichender Versicherungsschutz.

### FiW-R-1: Versicherungsdichte der erweiterten Elementarschadenversicherung für Wohngebäude

Die Elementarschadenversicherung (eEV) ergänzt die Verbundene Wohngebäudeversicherung um eine Absicherung der Schäden, die u. a. durch Überschwemmung, Starkregen, Schneedruck und Lawinen entstehen. Die Versicherungsdichte der eEV ist in den zurückliegenden Jahren zwar signifikant gestiegen, sie ist im bundesweiten Überblick aber noch immer gering.



Datenquelle: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.;  
BMUB & UBA (Umweltbewusstsein in Deutschland 2012)

Im Versicherungsmarkt ist die erweiterte Elementarschadenversicherung (eEV) inzwischen ein etabliertes Produkt. Sie deckt Schäden durch Überschwemmung, Rückstau, Erdbeben, Erdsenkung, Erdbeben, Schneedruck, Lawinen und Vulkanausbruch ab. Bundesweit war Ende 2012 aber nur für 33 % der Wohngebäude eine eEV abgeschlossen. Für Mieter sind Hausratsversicherungen mit Elementardeckung relevant, denn mit Elementarschäden an Gebäuden können vor allem in Erdgeschosswohnungen oder Kellerräumen auch Schäden am Hausrat von Mietern einhergehen. Im Jahr 2012 hatten allerdings nicht einmal 20 % aller abgeschlossenen Hausratversicherungen eine Elementardeckung.<sup>24</sup>

Auch wenn die Zahl der Versicherungsabschlüsse steigt, ist das Bewusstsein für die Notwendigkeit einer eEV in der Bevölkerung noch immer ungenügend verankert. Die Gefahren werden unterschätzt und die Kenntnis über die mit den abgeschlossenen Versicherungen tatsächlich abgedeckten Schäden reicht nicht aus. Extremereignisse hatten in der Vergangenheit immer nur sehr kurzfristig eine Steigerung der Versicherungsbereitschaft zur Folge.

Die Versicherungswirtschaft betreibt, z. T. mit Unterstützung staatlicher Stellen, Aufklärung und wirbt für ihre Produkte. Es konnte bisher auf diesem Wege aber die Versicherungsdichte der eEV nur mäßig gesteigert werden. Und dies, obwohl die eEV zu attraktiven Preisen angeboten wird und sich 99 % aller Gebäude problemlos gegen Elementarschäden versichern lassen. Auch die verbleibenden 1 % sind nicht generell unversicherbar, vielmehr können hier oft individuelle Versicherungslösungen durch die Vereinbarung von hohen Selbstbehalten und risikoadäquaten, höheren Prämien gefunden werden. Die Ergebnisse der im Auftrag des Umweltbundesamts zweijährlich durchgeführten repräsentativen Bevölkerungsumfrage „Umweltbewusstsein in Deutschland“ lassen auch für die nächsten Jahre keinen steilen Anstieg der Versicherungsdichte erwarten. Im Jahr 2012 bekundeten nur 6 % aller Befragten, dass sie zwar noch keine eEV abgeschlossen haben, eine solche Versicherung aber in Zukunft abschließen möchten.

Neben dem Abschluss von Versicherungen sollten sich alle Bürgerinnen und Bürger aber auch mit gezielten Maßnahmen gegen mögliche Schäden schützen. Dazu gehören bau- und anlagentechnische Schutzmaßnahmen an Haus und Wohnung sowie Vorsichtsmaßnahmen vor, während und nach einem Extremereignis.



Die Elementarschadenversicherung versichert gegen Schäden u. a. durch Hochwasser und Starkregen.  
(Foto: GDV – Ihre Deutschen Versicherer)

## Schnittstellen

WW-I-3: Hochwasser  
BAU-R-3: Fördermittel für klimawandelangepasstes Bauen und Sanieren  
RO-R-6: Siedlungsnutzung in Hochwassergefahrenbereichen

## Ziele

Aufklärung von Kunden und Behörden über klimarelevante Zusammenhänge und Schaffung finanzieller Anreize durch entsprechende Vertragsgestaltung durch die Versicherungswirtschaft (DAS, Kap. 3.2.10)



**Verkehr,  
Verkehrsinfrastruktur**

Wetter- und Witterungsextreme haben in den vergangenen Jahren immer wieder größere Verkehrsstörungen verursacht. Diese Ereignisse werden zunehmend mit den sich ändernden klimatischen Bedingungen in Verbindung gebracht und zeigen, dass mögliche Klimawandelfolgen die Verkehrsträger Straße, Schiene und Binnenwasserstraßen gleichermaßen betreffen werden. Insbesondere die Folgen der Hochwasser an Donau und Elbe im Jahr 2013 sind noch sehr präsent, als größere Teilstücke der Autobahnen A 3 und A 8 in Bayern wegen Überschwemmung gesperrt werden mussten und die Elbebrücke der ICE-Trasse Hannover-Berlin so stark beschädigt war, dass sie erst nach fünf Monaten wieder für den Verkehr freigegeben werden konnte. Im gleichen Jahr kam es zu Hitzeschäden, sogenannten Blow-Ups, an älteren, in Betonbauweise ausgeführten Autobahnen, bei denen sich die Betonplatten ausdehnen und infolge der entstehenden Spannungen ruckartig anheben. Im November 2011 war die Binnenschifffahrt am Rhein starken Einschränkungen infolge von Niedrigwasser unterworfen.

Bislang bestehen noch größere Unsicherheiten, welche Auswirkungen des Klimawandels für den Verkehrsbereich besonders relevant sind. Aus diesem Grund setzen sich verschiedene Bundesbehörden in eigens aufgelegten Forschungsprogrammen mit den möglichen Klimawandelfolgen für den Verkehrssektor auseinander und untersuchen mögliche Handlungsoptionen. Ein Ziel der Untersuchungen ist es zu klären, welche Maßnahmen vorrangig sind, damit das Verkehrssystem auch zukünftig den Anforderungen einer mobilen Gesellschaft gerecht werden kann.

## Auswirkungen des Klimawandels:

Schiffbarkeit der Binnenschifffahrtsstraßen (VE-I-1) .....	182
Witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle (VE-I-2) .....	184

## Schifffahrtseinschränkungen am Rhein?

Die Bilder der trocken gefallenen Kiesflächen und die Nachrichten über den zu entschärfenden Blindgänger aus dem 2. Weltkrieg, den die niedrigen Wasserstände bei Koblenz zutage gefördert hatten, sind deutschlandweit durch die Presse gegangen. Ein überdurchschnittlich trockener Oktober und ein fast niederschlagsfreier November im Einzugsgebiet des Rheins hatten im Jahr 2011 die Pegel auf extrem niedrige Werte fallen lassen. Für die Binnenschifffahrt bedeutete das starke Einschränkungen: Die Schiffe konnten die Rheinstrecke nur noch mit stark reduzierter Ladung, mitunter gar nicht mehr befahren.

Der Rhein ist die wichtigste Binnenschifffahrtsstraße in Deutschland und hat eine herausragende Bedeutung für den Güterverkehr. Er ermöglicht einen kostengünstigen Warenaustausch, den Import und Export über die Nordseehäfen Antwerpen, Rotterdam und Amsterdam, und verbindet – auch über seine Zuflüsse Neckar, Main, Mosel, Saar – wichtige industrielle Zentren in Deutschland. Über 80 % der Güterbeförderung der Binnenschifffahrt

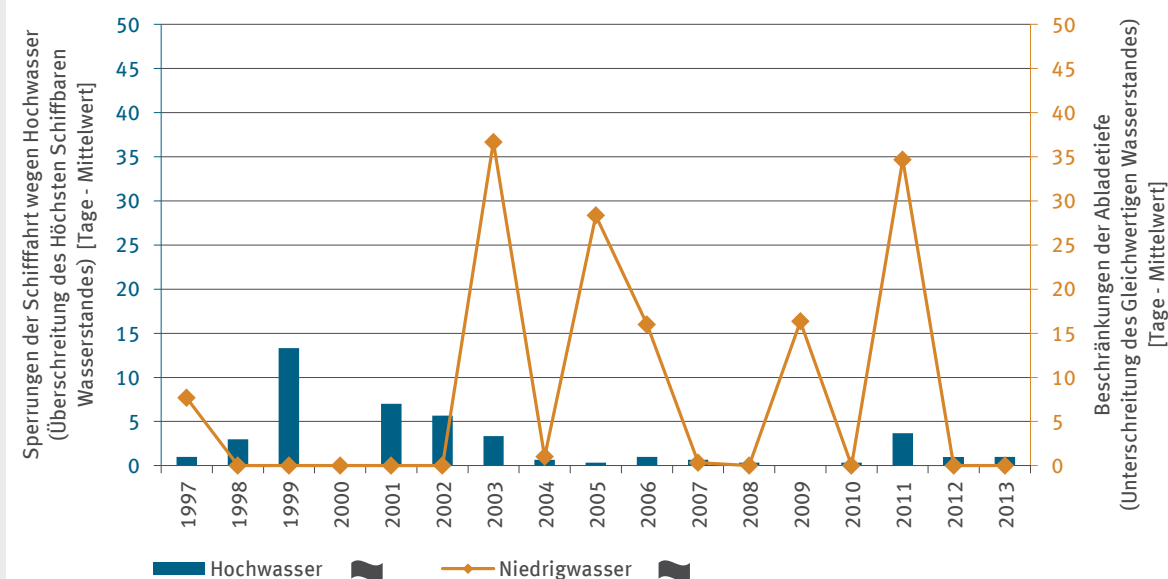
in Deutschland finden im Rheingebiet statt. Einschränkungen der Rheinschifffahrt können daher einzelne Unternehmen oder ganze Produktions- und Lieferketten empfindlich treffen. Die Auswirkungen können von erhöhten Transportkosten bis zu Produktionsausfällen in Unternehmen mit Just-in-Time-Produktion reichen.

Ob und in welchem Umfang Binnenschifffahrtsstraßen genutzt werden können, hängt entscheidend von der meteorologischen und hydrologischen Situation in ihrem Flusseinzugsgebiet ab. Die wichtigste Größe hierbei ist das Wasserdargebot. Seine Höhe und jahreszeitliche Verteilung bestimmt die mitunter stark variierenden Abfluss- und Wasserstandverhältnisse. Auf freifließenden, d. h. nicht staugeregelten Abschnitten von Binnenwasserstraßen sind Wasserstandschwankungen Teil des natürlichen Abflussgeschehens.

Unterschreiten die Wasserstände bestimmte flussstreckenspezifische Schwellenwerte, am Rhein ist das der

### VE-I-1: Schifffahrbarkeit der Binnenschifffahrtsstraßen

Ausgedehnte Niedrigwasserphasen haben in den zurückliegenden Jahren die Schifffahrt auf dem Rhein immer wieder deutlich eingeschränkt. Ursache hierfür waren in aller Regel sommerliche Trockenheit und Hitze. Vor allem im Jahr 1999 konnten Binnenschiffe den Rhein wegen Hochwasser über einen längeren Zeitraum nicht befahren. Weder für Niedrigwasser noch für hochwasserbedingte Sperrungen zeigen sich in den Zeitreihen bisher signifikante Trends.



Datenquelle: Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (Sperrungen und Einschränkungen der Schifffahrt)

Gleichwertige Wasserstand (GIW), treten für die Binnenschiffe Beschränkungen in ihrer Abladetiefe auf. Das bedeutet, sie können mit einer Fahrt weniger Ladung transportieren. Am Rhein treten solche Niedrigwassersituationen wie in den Jahren 2003, 2005, 2006 und 2009 i. d. R. im Spätsommer bzw. Frühherbst auf, d. h. im September und Oktober. Eine Ausnahme bildete das Jahr 2011, als der trockene Herbst die Pegelstände erst im November und Dezember auf extrem niedrige Werte sinken ließ. Ein signifikanter Trend ist hinsichtlich der Niedrigwassersituationen am Rhein bisher nicht zu erkennen.

Anders als bei niedrigen Wasserständen müssen Wasserstraßen bzw. einzelne Abschnitte für die Schifffahrt gesperrt werden, wenn bei Hochwasser der Höchste Schifffahrtswasserstand (HSW) überschritten wird oder wenn stärkerer Eisgang auftritt. Letzteres betrifft im Rheingebiet nur die überwiegend staugestützten Zuflüsse, da dort die Fließgeschwindigkeiten langsamer sind. Hochwasserereignisse führen hingegen auch auf dem Rhein selbst immer wieder dazu, dass die Schifffahrt eingestellt werden muss. Im Rückblick der letzten 17 Jahre war dies vor allem im Jahr 1999 der Fall, als der Oberrhein infolge zweier Hochwasser im Spätwinter und Frühjahr über mehrere Wochen nicht für die Schifffahrt freigegeben war. An Mittel- und Niederrhein kam es vor allem in den Jahren 2001, 2003 und 2011 zu Sperrungen, die zumeist aber nach weniger als einer Woche wieder aufgehoben werden konnten. Auch zu den hochwasserbedingten Schifffahrtssperrungen ist für den Rhein bislang kein signifikanter Trend zu verzeichnen.



Bei Niedrigwasser können Binnenfrachtschiffe ihre Transportkapazität nicht voll ausschöpfen. (Foto: Rike / pixelio.de)

## Schnittstellen

WW-I-3: Hochwasser  
WW-I-4: Niedrigwasser

## Ziele

Gewährleistung der Zuverlässigkeit und Sicherheit der Binnenschifffahrt; Erstellung und Fortschreibung belastbarer Wasserstands- und Abflussprojektionen; Entwicklung bedarfsgerechter Anpassungsoptionen und deren Integration in die Unterhaltungspraxis der Bundeswasserstraßen (DAS, Kap. 3.2.11)

Vermeidung von Hochwasser durch die ausreichende, dezentrale Niederschlagversickerung im gesamten Einzugsbereich der Flüsse (DAS, Kap. 3.2.14)

## Sicher unterwegs bei Schnee und Eis, Regen und Hitze

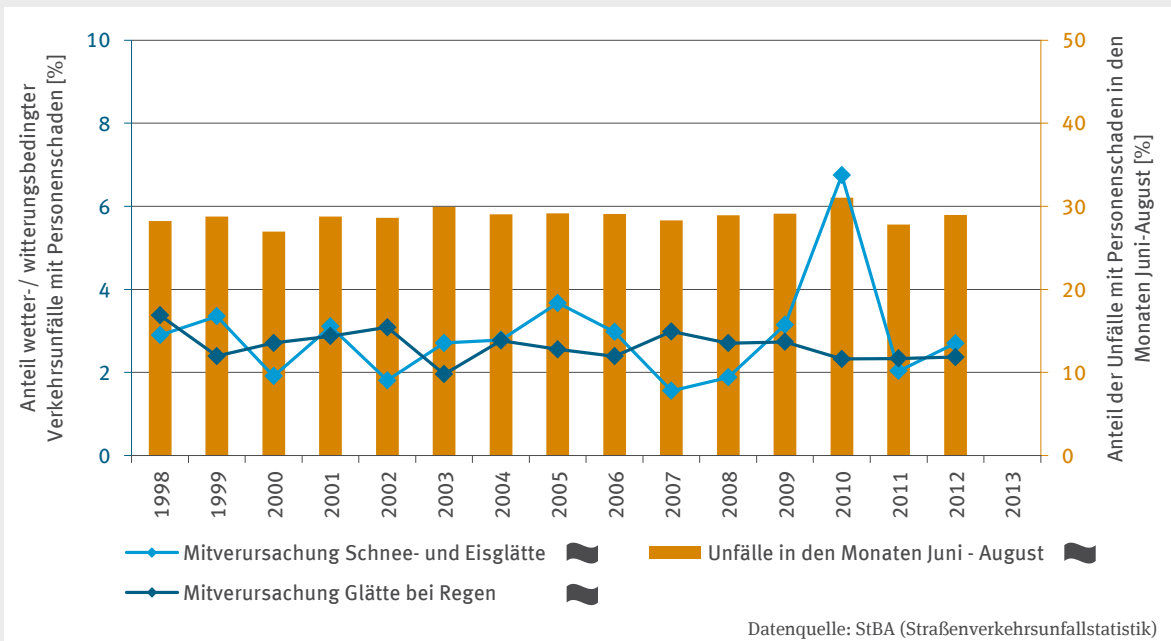
Die Verkehrssicherheit und das Unfallgeschehen auf Deutschlands Straßen hängen von zahlreichen Einflussfaktoren ab. Dazu zählen, neben der vorhandenen Infrastruktur, der Dichte und der Struktur des Verkehrs und dem Verhalten der Verkehrsteilnehmer, auch Wetter und Witterung. Regen und Schnee, Eis und Hagel beeinflussen die Straßenverhältnisse und sorgen für widrige Fahrbahnbedingungen, z. B. Aquaplaning oder Glätte. Niederschlag und Nebel trüben die Sichtverhältnisse. Die Unfallgefahr ist daher in den Herbst- und Wintermonaten i. d. R. höher als im Frühjahr und Sommer. Es kommt insgesamt zu mehr Unfällen. Häufiger als in den warmen Monaten kommen dabei aber keine Personen zu Schaden, denn die Verkehrsteilnehmer passen ihre Geschwindigkeit den schlechten Bedingungen an. Dazu trägt auch die durch das schlechte Wetter beeinflusste Verkehrsmittelwahl bei: Die Menschen nutzen bevorzugt den Pkw oder öffentliche Verkehrsmittel, sodass sich weniger ungeschützte und besonders verletzbare Teilnehmer im Straßenverkehr bewegen.

In der warmen Jahreszeit sind gegenläufige Verhaltensmuster zu beobachten. Die Menschen nutzen die angenehmen Temperaturen und die längeren Tage, sind mehr im öffentlichen Raum unterwegs und erledigen mehr Wege zu Fuß oder mit dem motorisierten oder nicht-motorisierten Zweirad. Das Verkehrsgeschehen wird insgesamt komplexer, und der Anteil schwächerer Verkehrsteilnehmer ist höher. Zudem fahren motorisierte Verkehrsteilnehmer bei guter und trockener Witterung schneller als bei rutschiger oder nasser Fahrbahn und provozieren damit auch folgenschwerere Unfälle. Obwohl also in den Sommermonaten die Unfallzahlen im Jahresvergleich eher durchschnittlich sind, ist der Anteil von Unfällen mit Personenschäden, bei denen Personen verletzt oder getötet werden, in diesem Zeitraum besonders hoch.

Das Unfallgeschehen im Jahr 2010 zeigt – einer Auswertung des Statistischen Bundesamts<sup>25</sup> zufolge – beispielhaft, in welcher Weise Wetter und Witterung die

### VE-I-2: Witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle

Stark winterliche Straßenverhältnisse sowohl in Januar und Februar als auch im Dezember waren im Jahr 2010 die Ursache für eine außergewöhnlich hohe Zahl von Unfällen, die durch Schnee und Eisglätte verursacht wurden. Signifikante Trends zeichnen sich bislang aber für keine der dargestellten Entwicklungen ab.





Verkehrssicherheit beeinflussen können. In den Monaten Januar, Februar und Dezember herrschten jeweils stark winterliche Straßenverhältnisse. Schnee- und Eisglätte waren Mitverursacher von annähernd doppelt so vielen Unfällen mit Personenschaden wie in den anderen Jahren des betrachteten Zeitraums. Gleichwohl lag der relative Anteil der Unfälle mit Personenschaden in diesen Monaten auf dem niedrigsten Stand seit 1991. Insgesamt hatten sich also viel mehr Unfälle ereignet, wegen einer grundsätzlich vorsichtigen Fahrweise blieb es aber in vielen Fällen bei Sachschäden. Demgegenüber war der Anteil der Unfälle mit Personenschaden in den Sommermonaten im Jahr 2010 überdurchschnittlich hoch. Eine „Teilschuld“ daran kann der Witterung zugeschrieben werden, denn der Juni und der Juli waren in diesem Jahr insgesamt sehr sonnig und die ersten Juliwochen zudem sehr heiß.

In Anbetracht der Einflüsse, die Wetter und Witterung auf das Unfallgeschehen haben, wird diskutiert, dass der Klimawandel möglicherweise relevante Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und das Unfallgeschehen hat. Für die winterlichen Gefahren wird dabei für die Zukunft allgemein von einer Abnahme ausgegangen, während es in Frühjahr, Sommer und Herbst u. a. infolge größerer Hitze und vermehrter Starkregen häufiger zu Unfällen kommen könnte. Regional sind in den vergangenen Jahren auch Staub- und Sandstürme als Unfallverursacher in den Blick geraten. Bei zunehmender sommerlicher Bodentrockenheit könnten diese künftig häufiger auftreten. Bislang zeichnen sich in den abgebildeten Zeitreihen aber weder zu den Verkehrsunfällen mit einer Mitverursachung durch Schnee- und Eisglätte bzw. Glätte bei Regen noch zu den Verkehrsunfällen in den Sommermonaten signifikante Trends ab.

In der Verantwortung der Verkehrsteilnehmer liegt es dabei, sich über bestehende Gefahren zu informieren, Warnhinweise zu beachten und sich in extremen Situationen richtig und angemessen zu verhalten. Die Verkehrsteilnehmer sind aber grundsätzlich darauf angewiesen, dass Verkehrsinfrastrukturen auch unter extremen Bedingungen funktionieren und keine witterungsbedingten Schäden entstehen. Vorrangige Aufgabe von Bund und Ländern ist es daher, die Verkehrsinfrastrukturen an die sich ändernden klimatischen Verhältnisse anzupassen. Um hierfür die notwendigen Grundlagen zu schaffen, wurde an der Bundesanstalt für Straßenwesen ein spezifisches Forschungsprogramm aufgelegt. In verschiedenen Projekten werden u. a. die Verwundbarkeit von Brücken- und Tunnelbauwerken gegenüber Hitze, Wind und Starkregen sowie die Standsicherheit von Böschungen bei Starkregen untersucht, und es werden



Schlechte Sicht bei Starkregen erhöht die Unfallgefahr.  
(Foto: Gabi Eder / pixelio.de)

mögliche Anpassungsmaßnahmen entwickelt. Im Fokus des Programms stehen außerdem die Auswirkungen von Hitze und anderen Extremereignissen auf Asphalt- und Betonfahrbahnen und die sich daran anknüpfende Frage, wie die verschiedenen Bauweisen daran angepasst werden müssen.

## Schnittstellen

GE-I-1: Hitzebelastung  
BO-I-2: Regenerosivität

## Ziele

Monitoring der gegenläufigen Auswirkungen im Winter möglicherweise abnehmender und im Sommer möglicherweise zunehmender Unfallgefahren (DAS, Kap. 3.2.11)



© Dieter Schütz / pixelio.de

# Industrie und Gewerbe

Für den Sektor Industrie und Gewerbe kann der Klimawandel einerseits neue Chancen eröffnen, andererseits aber auch bisher nicht gekannte oder veränderte Risiken bergen. Die Betroffenheit und der Bedarf, sich an die sich ändernden klimatischen Verhältnisse anzupassen, sind dabei so heterogen wie es auch die Unternehmen sind. Je nach ihrer Größe, den von ihnen angebotenen Produkten und Dienstleistungen, ihren Standorten und dem Grad ihrer Einbindung in regionale, nationale oder auch internationale Produktions- bzw. Lieferketten ergeben sich ganz unterschiedliche Herausforderungen.

Naturgemäß streben Unternehmen danach, die Chancen von Veränderungen zu nutzen und daraus Wettbewerbsvorteile zu ziehen. Diese bestehen z. B. dort, wo Produkte auf eine klimawandelbedingt größere Nachfrage treffen oder Unternehmen Produkte oder Prozesse frühzeitig optimieren und innovativ weiterentwickeln. Bei der Auseinandersetzung mit Klimarisiken stehen bislang die regulatorischen Risiken im Vordergrund, die Unternehmen in sich ändernden gesetzlichen und fiskalischen Rahmenbedingungen als Folge vor allem von Klimaschutzbemühungen sehen. Physischen Risiken z. B. durch Extremereignisse kommt demgegenüber noch ein geringeres Gewicht zu, obwohl sie z. B. die Funktionsfähigkeit der eigenen Liegenschaften oder wichtiger Infrastrukturen, den reibungslosen Ablauf von Produktions- und Lieferketten oder die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten betreffen können. Anpassung im Sinne der DAS setzt vor allem an den physischen Risiken an. Neben baulichen und technischen Maßnahmen sind strategische und organisatorische Ansätze wesentlich. Indem sie z. B. den Klimawandel im eigenen Risikomanagement berücksichtigen oder ein betriebliches Kontinuitätsmanagement für den Umgang mit Störungen im Betriebsablauf einrichten, können Unternehmen systematisch mit Klimarisiken umgehen.

#### Auswirkungen des Klimawandels:

Hitzebedingte Minderung der  
Leistungsfähigkeit (IG-I-1) ..... 188

#### Anpassungen:

Wasserintensität des Verarbeitenden  
Gewerbes (IG-R-1) ..... 190

## Geringere Leistungsfähigkeit bei Sommerhitze

Steigen die Temperaturen am Arbeitsplatz auf gesundheitlich nicht mehr zuträgliche Werte, können Beschäftigte unter Müdigkeit, Konzentrationsschwäche und Belastungen des Herz-Kreislaufsystems leiden. Die Arbeit wird als anstrengender empfunden, und bei länger andauernden Belastungen können die Arbeitsmotivation und die Leistungsfähigkeit nachlassen. Die konkreten Auswirkungen der (raum-)klimatischen Bedingungen auf die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten wurden in den vergangenen Jahrzehnten in verschiedenen Studien untersucht. Für Innenraumarbeitsplätze zeigte sich in vielen der Studien ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Leistungsfähigkeit und dem sogenannten thermischen Behaglichkeitsbereich. Weichen die Raumtemperaturen von diesem Bereich nach unten oder oben ab, nimmt die Leistungsfähigkeit ab.

Als thermisch behaglich wird ein Raumklima dann bezeichnet, wenn der Mensch Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und Wärmestrahlung in seiner Umgebung

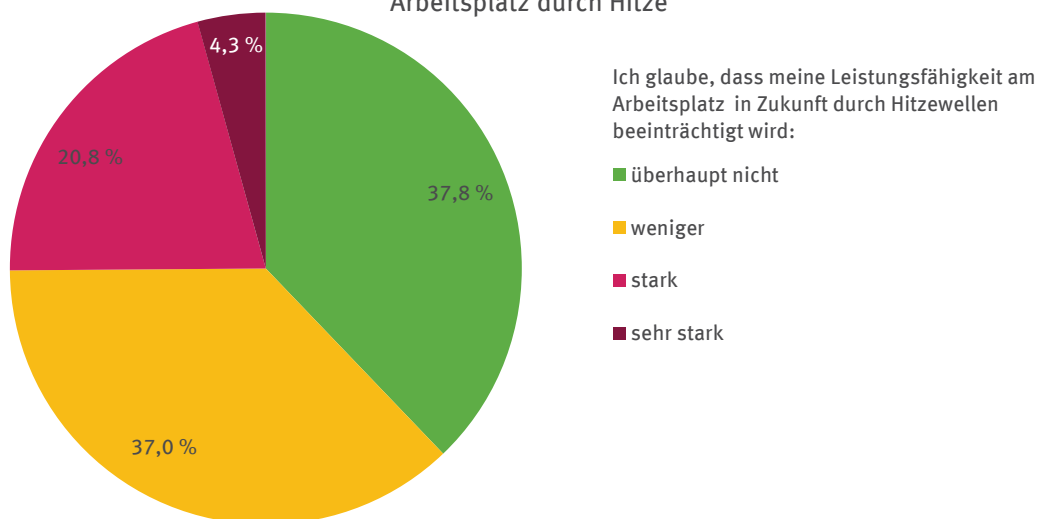
als optimal empfindet und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht. Für die Sommermonate werden für Beschäftigte mit sitzenden und leichten Tätigkeiten Temperaturen zwischen 23 °C bis 26 °C als Behaglichkeitsbereich angesehen. Wird es am Arbeitsplatz wärmer, kann die Produktivität einigen Untersuchungsergebnissen zufolge zwischen 3 und 12 % abnehmen. In einer Abschätzung wurden diese Zahlen auf das Sozialprodukt umgerechnet. Danach können sich aufgrund der heute schon auftretenden Hitzetage bei der o. g. Produktivitätsminderung Einbußen von ca. 540 Millionen Euro bis 2,4 Milliarden Euro im Vergleich zu Jahren ohne Hitzetage ergeben.<sup>26</sup> In anderen Studien ließen sich allerdings keine oder nur deutlich geringere Auswirkungen von Hitze auf die Leistungsfähigkeit nachweisen, sodass diese Berechnung der volkswirtschaftlichen Folgen eine deutliche Unsicherheit birgt.

Klimaszenarien zeigen für Mitteleuropa u. a., dass sich durch die Klimaerwärmung die Wettercharakteristik

### IG-I-1: Hitzebedingte Minderung der Leistungsfähigkeit

Durch den Klimawandel können Belastungen durch sommerliche Hitze am Arbeitsplatz künftig zunehmen – sowohl in Gebäuden als auch im Freien. Etwa drei Viertel der Bevölkerung erwarten bislang aber keine negativen Auswirkungen auf ihre Leistungsfähigkeit am Arbeitsplatz.

Einschätzung zur Beeinträchtigung der eigenen Leistungsfähigkeit am Arbeitsplatz durch Hitze



Datenquelle: BMUB & UBA (Umweltbewusstsein in Deutschland 2012)

ändert und die durchschnittlichen Temperaturen steigen werden. Es können häufiger austauscharme Wetterlagen entstehen und thermische Extremereignisse, z. B. heiße Tagen oder Tropennächte, auftreten. In der Folge kann es dann auch häufiger zu Situationen kommen, in denen die Temperaturen am Arbeitsplatz den bioklimatischen Behaglichkeitsbereich verlassen und die Beschäftigten thermischen Belastungen ausgesetzt sind. Nach den Ergebnissen der Umfrage „Umweltbewusstsein in Deutschland“ aus dem Jahr 2012 erwartet bislang aber nur etwa ein Viertel der Bevölkerung, dass sich eine künftig zunehmende Hitzebelastung stark oder sehr stark auf ihre Leistungsfähigkeit am Arbeitsplatz auswirken wird.

Die einschlägigen Arbeitsstättenregeln formulieren verschiedene Vorgaben, um die Gesundheit und damit auch die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten in Gebäuden auch bei hohen Außenlufttemperaturen von über 26 °C zu erhalten. Überschreiten die Raumtemperaturen in solchen Fällen die Schwelle von 26 °C bzw. 30 °C sollen bzw. müssen Maßnahmen ergriffen werden. Der Arbeitgeber kann dazu z. B. dafür sorgen, dass geeignete Sonnenschutzvorrichtungen installiert und effektiv eingesetzt, die Räumlichkeiten in den frühen Morgenstunden ausreichend gelüftet, innere Wärmelasten reduziert, Arbeitszeiten verschoben und Erfrischungsgetränke bereitgestellt werden. Auch kann es sinnvoll sein, bestehende Bekleidungsordnungen zu lockern.

In Deutschland arbeiten ca. 2 bis 3 Millionen Menschen überwiegend oder zumindest zeitweise im Freien und sind ganzjährig den herrschenden Wetter- und Witterungsbedingungen ausgesetzt. Zunehmende Hitzebelastungen und andere klimatische Veränderungen betreffen diese Menschen deutlich unmittelbarer als solche, die ihrer beruflichen Betätigung in Gebäuden nachgehen. Zu den betroffenen Berufsgruppen zählen z. B. Bauarbeiter, Beschäftigte in der Land- und Forstwirtschaft, im Gartenbau oder bei der Müllabfuhr. Auch für sie sieht das Arbeitsschutzrecht Maßnahmen vor, um sie vor negativen gesundheitlichen Folgen von Hitze zu schützen. Der Arbeitgeber kann z. B. auf Baustellen Anlagen einrichten lassen, mit denen Arbeitsorte beschattet oder belüftet werden können. Vor allem kann er organisatorische Maßnahmen ergreifen, indem er die Arbeitszeiten der Witterung anpasst, ausreichend lange Pausenzeiten anordnet, eine gute Getränkeversorgung sicherstellt und seine Mitarbeiter im Rahmen von Schulungen auf mögliche Gefahren und die entsprechenden Gegenmaßnahmen hinweist.



Vor allem Menschen in Freiluftberufen, aber auch Beschäftigte in Büros müssen sich vor den Auswirkungen sommerlicher Hitze schützen. (Foto: Rita Köhler / pixelio.de)

## Schnittstellen

GE-I-1: Hitzebelastung

GE-R-2: Erfolge des Hitzewarnsystems

BAU-I-1: Wärmebelastung in Städten

## Wassernutzung im Verarbeitenden Gewerbe

Wärmeeinleitungen industrieller und gewerblicher Betriebe unterliegen grundsätzlich den gleichen gesetzlichen Vorschriften wie energiewirtschaftliche Betriebe. Auch Industrie- und Gewerbebetriebe können daher in die Situationen kommen, ihre Wärmeeinleitungen und damit ihre Produktion zurückfahren zu müssen, um die in der Genehmigung festgelegten Einleitungsbedingungen weiterhin einzuhalten. Dies war z. B. in den heißen Sommern der Jahre 2003 und 2006 der Fall, als infolge der langanhaltenden Hitze und Trockenheit an verschiedenen Gewässern die Wärmeeinleitungen beschränkt wurden. Im Jahr 2003 mussten entlang des Rheins verschiedene Industriebetriebe ihre Produktion drosseln mit z. T. erheblichen wirtschaftlichen Auswirkungen. Auch an der Elbe wurden aufgrund der hohen Gewässertemperaturen Kühlwassereinleitungen aus Industriebetrieben zeitweise beschränkt.

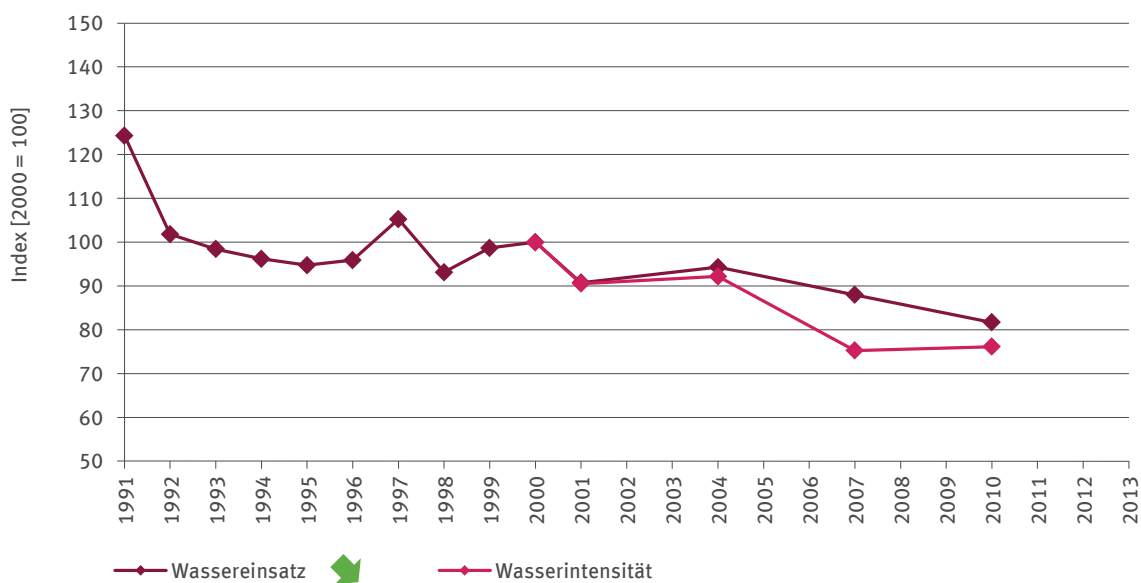
Unter veränderten klimatischen Bedingungen können solche Trocken- und Hitzephasen zukünftig öfter,

intensiver und länger auftreten. Es wird erwartet, dass die Temperaturen in Fließgewässern daher langfristig in den Sommermonaten ansteigen und die Abflussmengen abnehmen. Situationen, in denen die Rückführung von gebrauchtem Kühlwasser bzw. die Entnahme von Kühlwasser nur noch eingeschränkt möglich ist, werden dann häufiger eintreten. Industrieprozesse, die möglichst unabhängig von der Ressource Wasser sind, sind für diese Auswirkung des Klimawandels besser gerüstet als solche mit einem hohen Wasserbedarf. Um möglichst wenig Wasser als Roh- oder Betriebsstoff einzusetzen und das entnommene oder bezogene Wasser möglichst effizient zu nutzen, können Unternehmen z. B. ein innerbetriebliches Wassermanagement einrichten, die Wassernutzung in Kreislaufsystemen betreiben, wassersparende Technologien einsetzen oder Wasser durch andere Substanzen, z. B. Emulsionen, ersetzen.

Wichtiger Ansatzpunkt für das Verarbeitende Gewerbe ist dabei vor allem der sparsame Einsatz von Kühlwasser

### IG-R-1: Wasserintensität des Verarbeitenden Gewerbes

Wassereffiziente Betriebe sind für Auswirkungen des Klimawandels besser gerüstet. Der Wassereinsatz im Verarbeitenden Gewerbe nahm seit Beginn der 1990er Jahre sehr deutlich und mit signifikantem Trend ab. Auch die Wasserintensität ist seit dem Jahr 2000 rückläufig, d. h. es konnte mit dem gleichen Wassereinsatz eine höhere Wertschöpfung erzielt werden.



Datenquelle: StBA (Umweltökonomische Gesamtrechnungen)

in Produktionsprozessen und bei der unternehmensinternen Stromerzeugung, denn die Kühlwassernutzung macht etwa drei Viertel der gesamten Wassernutzung des Sektors aus. Hinzu kommt, dass vor allem die Wasserentnahme für Kühlzwecke sowie die Einleitung von Kühlwasser temperaturbezogenen Regelungen unterliegen, die zu Einschränkungen der Produktion bei sommerlicher Hitze führen können. Die Entnahme von Wasser für produktionsspezifische oder belegschaftsbezogene Zwecke ist dagegen weniger temperaturabhängig.

Der Wassereinsatz ging im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt zwischen den Jahren 2000 und 2010 um ca. 18 % zurück. In vielen Bereichen des Verarbeitenden Gewerbes lag auch die Wasserintensität 2010 deutlich unter dem Wert des Jahres 2000, im Durchschnitt um etwa 25 %. Das bedeutet, dass die Effizienz der Wassernutzung im letzten Jahrzehnt erheblich gesteigert und mit einem niedrigeren Wassereinsatz eine höhere Wertschöpfung erzielt werden konnte. Die stärksten Rückgänge von Wassereinsatz und -intensität waren in der Herstellung chemischer und pharmazeutischer Erzeugnisse und in der Nahrungsmittelproduktion zu verzeichnen. Eine deutliche Zunahme zeigte sich vor allem für die Herstellungsprozesse in der Papierindustrie.



Branchen wie die Chemie- oder Papierindustrie benötigen viel Wasser oder Wasserdampf für Produktionsprozesse und die unternehmensinterne Stromerzeugung.  
(Foto: Günter Havlena / pixelio.de)

## Schnittstellen

WW-I-1: Mengenmäßiger Grundwasserzustand  
 WW-I-4: Niedrigwasser  
 WW-R-1: Wassernutzungsindex  
 LW-R-6: Landwirtschaftliche Beregnung  
 EW-R-4: Wassereffizienz thermischer Kraftwerke

## Ziele

Erwägen von technische Methoden und Verbesserungen zum effizienteren Einsatz von Wasser, z. B. durch Verwenden von Grauwasser, Dachablaufwasser oder Prozesswasser für technische und industrielle Zwecke oder durch Fortentwicklung Wasser sparender Methoden (DAS, Kap. 3.2.3)

Förderung einer nachhaltigen Wassernutzung auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Ressourcen (Richtlinie 2000/60/EG – Wasserrahmenrichtlinie, Art. 1 (b))

Verpflichtung zur erforderlichen Sorgfalt bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, um eine mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt gebotene sparsame Verwendung des Wassers sicherzustellen (Wasserhaushaltsgesetz, § 5 (1))



**Tourismuswirtschaft**



Die deutsche Tourismuswirtschaft ist eine umsatzstarke Branche und besitzt eine nicht zu unterschätzende wirtschaftliche Bedeutung. Im Jahr 2010 erzeugte die touristische Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen – ohne Berücksichtigung indirekter oder induzierter Effekte – eine Bruttowertschöpfung von insgesamt 100 Milliarden Euro.<sup>27</sup> Die Struktur der Tourismuswirtschaft ist mittelständisch geprägt und umfasst u. a. das Beherbergungs- und Gaststättengewerbe, Reisebüros, Reiseveranstalter, Tourenanbieter und Transportdienstleister sowie Betreiber touristischer Infrastrukturen oder Einrichtungen aus den Bereichen Sport und Kultur, Gesundheit und Wellness. Hinzu kommen Akteure aus Landkreisen oder Gemeinden, die ihre Region oder ihren Ort als Destination am Tourismusmarkt platzieren möchten. Auf der anderen Seite stehen die Urlauber und Erholungssuchenden, die die angebotenen Produkte und Leistungen nachfragen.

Die Diskussion um mögliche Klimawandelfolgen für die Tourismuswirtschaft in Deutschland konzentriert sich auf mögliche Auswirkungen für verschiedene Destinationen, vor allem die Küste und die Wintersportregionen. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf dem Reiseverhalten deutscher und internationaler Urlauber, die neben einer Vielzahl anderer Faktoren auch die klimatischen Bedingungen und Veränderungen in ihre Reisescheidungen einbeziehen. Angesichts der Bandbreite von Angebot und Nachfrage im Tourismus gibt es keine branchenweit gültige Antwort auf die Herausforderungen des Klimawandels. Vielmehr wird es eine Aufgabe der einzelnen Akteure sein, zukunftsfähige Lösungen für ihr jeweiliges Angebotssegment oder ihre Destination zu entwickeln. Statistische Zahlenreihen geben solch individuelles Anpassungshandeln nicht adäquat wider, weswegen in den folgenden Ausführungen mögliche Klimawandelfolgen für den Tourismus im Fokus stehen.

## Auswirkungen des Klimawandels:

Badetemperaturen an der Küste (TOU-I-1), Übernachtungen im touristischen Großraum Küste (TOU-I-2) .....	194
Wärmebelastung in heilklimatischen Kurorten (TOU-I-3).....	196
Schneedecke für den Wintersport (TOU-I-4) .....	198
Übernachtungen in Wintersportorten (TOU-I-5) .....	200
Saisonale Übernachtungen in deutschen Tourismusgebieten (TOU-I-6).....	202
Präferenz von Urlaubsreisezielen (TOU-I-7).....	204

## Wird der Strandurlaub an Nord- und Ostsee beliebter?

Um Urlaub am Strand zu machen, im Meer zu baden oder in der Sonne zu liegen, fahren die Deutschen bislang vorrangig ins Ausland. Strand-, Bade- und Sonnenurlaube sind mit weitem Abstand die stärkste Motivation für eine Auslandsreise in den Ferien. Deutschland ist für diesen Reisezweck bislang von geringerer Bedeutung: Bei den Inlandsurlaube rangiert der Strandurlaub nur auf Rang vier der möglichen Motive<sup>28</sup>, für ausländische Gäste ist Badeurlaub als Grund für eine Reise nach Deutschland vernachlässigbar<sup>29</sup>. Die Situation für die Tourismuswirtschaft in den Reisegebieten an Deutschlands Küsten wird zudem dadurch erschwert, dass die Nachfrage in einem besonderen Ausmaß saisonabhängig ist. Annähernd 60 % der Übernachtungen an Nord- und Ostsee finden in den Sommermonaten zwischen Juni und September statt. In anderen Regionen verteilen sich die Übernachtungsgäste deutlich gleichmäßiger über das Jahr.

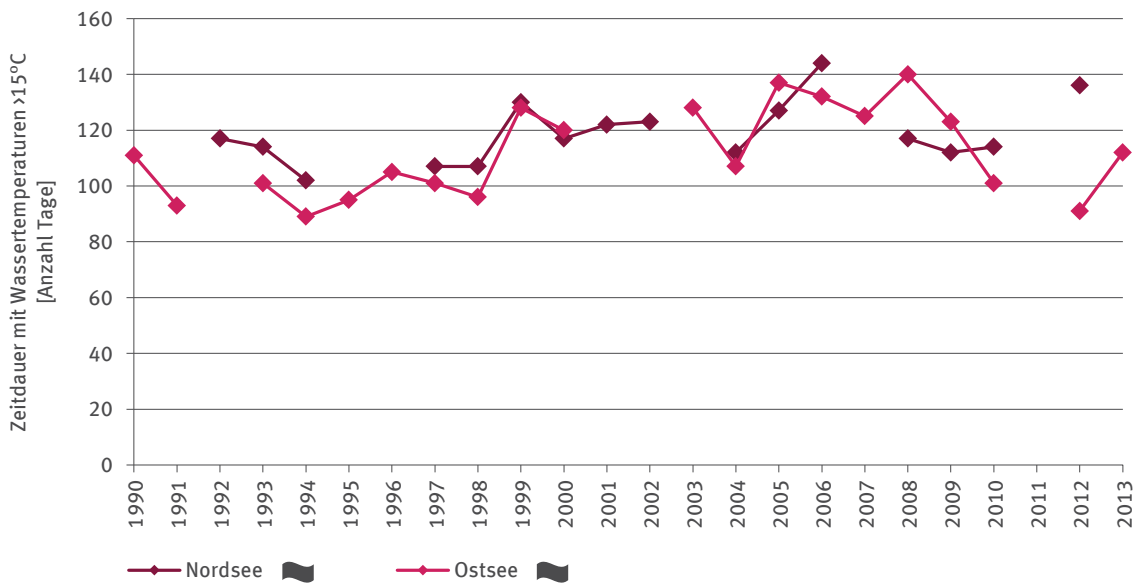
Für Deutschland wird davon ausgegangen, dass der Strand- und Badeurlaub an den Küsten als eine typische

Form des Sommertourismus von den Auswirkungen des Klimawandels profitieren kann. Vor allem steigende Luft- und höhere Meerwassertemperaturen können die Attraktivität der Badeorte erhöhen und die Badesaison zukünftig verlängern. Ein Trend zu steigenden Meerwassertemperaturen in Nord- und Ostsee wurde in Untersuchungen des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie bereits nachgewiesen. Gegenüber dem langjährigen Durchschnitt stiegen die durchschnittlichen Oberflächenwassertemperaturen in den vergangenen zwei Jahrzehnten sowohl in der Deutschen Bucht als auch in der westlichen Ostsee bereits an. Die Phase sommerlicher Temperaturverhältnisse erstreckt sich heute, im Vergleich zu den Jahren vor 1990, über einen längeren Zeitraum im Jahr. Das maximale Temperaturniveau in den Sommermonaten erreicht dabei höhere Werte als in früheren Jahren.<sup>30</sup>

Um bezogen auf die Wassertemperaturen das Potenzial für den Badetourismus an den Küsten abzuschätzen

### TOU-I-1: Badetemperaturen an der Küste

Die Zeitdauer, in der in Nord- und Ostsee Meerwassertemperaturen herrschen, die potenziell einen Badeurlaub an den Küsten möglich machen, kann zwischen den Jahren sehr stark schwanken. In der Regel stellen sich geeignete Temperaturbedingungen im Laufe des Junis ein und reichen bis in den September. Signifikante Trends sind bisher nicht zu verzeichnen.



Datenquelle: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (Ausgewählte Messstationen)

zu können, wird der Zeitraum dargestellt, in dem die Meerwassertemperaturen in Nord- und Ostsee die Temperaturschwelle von 15 °C überschreiten. Dieser für Badetemperaturen niedrig erscheinende Schwellenwert kennzeichnet zum einen Beginn und Ende der sommerlichen Wassertemperaturbedingungen. Zum anderen zeigen die Zeitreihen Ergebnisse von Messungen, die in einiger Entfernung von der Küste vorgenommen werden und daher homogener und von kurzfristigen Einflüssen unabhängiger sind. In den Badegewässern an der Küste liegen die Wassertemperaturen tendenziell höher und sind – auch durch einen stärkeren Tagesgang – potenziell „badetauglich“. Signifikante Trends für die Zeitreihen von Nord- und Ostsee sind angesichts der beobachteten Schwankungsbreiten bislang nicht zu verzeichnen.

Ein Zusammenhang zwischen den beobachteten Badetemperaturen und der Entwicklung der Übernachtungszahlen in den deutschen Küstenregionen ist bisher nicht zu erkennen. Dabei ist zu beachten, dass ein solcher Zusammenhang grundsätzlich schwierig herzustellen ist. Zum einen beeinflussen zahlreiche allgemeine Faktoren, beispielsweise die konjunkturelle Entwicklung, das

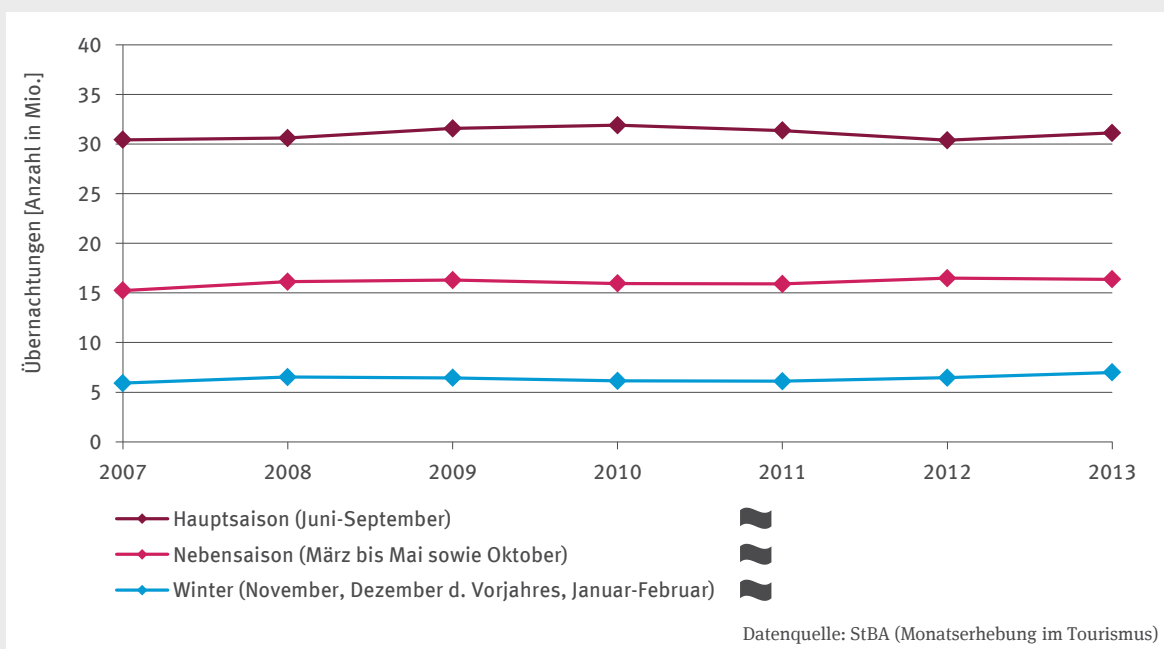
### Schnittstellen

- WW-I-8: Wassertemperatur des Meeres
- TOU-I-6: Saisonale Übernachtungen in deutschen Tourismusgebieten
- TOU-I-7: Präferenz von Urlaubsreisezielen

Reiseverhalten und die touristische Nachfrage. Zum anderen sind die Wassertemperaturen nur ein Aspekt unter den zahlreichen klimaverbundenen Einflussgrößen, die die Attraktivität der Nord- und Ostseeküste als Destination für den Strand- und Badetourismus ausmachen. Zu den Faktoren, die hier nicht berücksichtigt sind, zählen etwa die Sonnenscheindauer und die Luftqualität sowie die bioklimatischen Verhältnisse im Zusammenspiel von Lufttemperatur, Wind, Strahlungsverhältnissen und Luftfeuchte<sup>31</sup>, aber auch das Auftreten von Algen oder Quallen an den Badestränden.

### TOU-I-2: Übernachtungen im touristischen Großraum Küste

Die touristische Nachfrage in den Reisegebieten an Deutschlands Küsten ist in einem besonderen Ausmaß saisonabhängig. Bis zu 60 % der Übernachtungen an Nord- und Ostsee finden in den Sommermonaten zwischen Juni und September statt. Signifikante Trends zu einer Veränderung der Saisonabhängigkeit ließen sich in den vergangenen Jahren nicht feststellen.



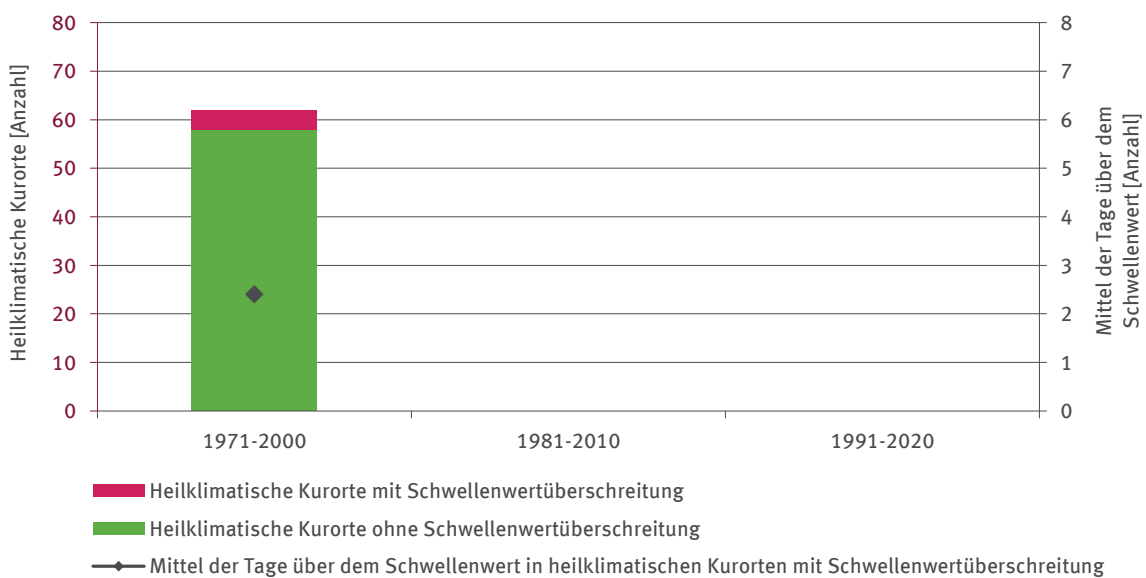
## Bleibt das heilende Klima in Kurorten erhalten?

Der Urlaub in Kurorten hat eine große Bedeutung für den innerdeutschen Tourismus. Das Angebot dieser Orte beschränkt sich dabei nicht allein auf die durch die Sozialversicherungsträger finanzierten Kur- und Rehabilitationsmaßnahmen, auch Gesundheits- und Wellnessurlaub genießen einen zunehmend bedeutenden Stellenwert. Im Jahr 2012 beispielsweise erfolgte annähernd ein Drittel aller touristischen Übernachtungen in Deutschland in Gemeinden mit einem entsprechenden Prädikat, d. h. in Heilbädern, Seebädern oder Luftkurorten.<sup>32</sup> Auch wenn das vorhandene Prädikat und die angebotenen Kurleistungen für einen Teil der Übernachtungen nicht ausschlaggebend sind (z. B. ist der Familienurlaub an der Nordsee wahrscheinlich oftmals anders motiviert), so stellen Übernachtungen allein in Vorsorge- und Rehabilitationszentren immerhin noch einen Anteil von über 10 % an allen Übernachtungen bundesweit. Gerade diese Einrichtungen sind in starkem Maße abhängig von dem Prädikat einer Gemeinde als Kurort.

Allen Kurorten ist eigen, dass sie besondere Anforderungen u. a. an bioklimatische und lufthygienische Bedingungen erfüllen müssen. Das lokale Klima soll als natürliches ortsgebundenes Heilmittel angewendet werden können. In heilklimatischen Kurorten und Seeheilbädern müssen darüber hinaus die natürlichen Heilmittel des Klimas eine Eignung für Kuren zur Heilung, Linderung oder Vorbeugung menschlicher Erkrankungen aufweisen. Das bedeutet, stimulierende Reize oder Schonfaktoren überwiegen. Als stimulierende Reize gelten z. B. Kältereize, starke Temperaturschwankungen oder böiger Wind; Schonfaktoren sind z. B. weitgehende Luftreinheit oder thermische ausgeglichene Bedingungen. Belastungsfaktoren, zu denen neben einer geringen Intensität der Sonnenstrahlung und einer schadstoffhaltigen Luft auch die Wärmebelastung zählt, dürfen auf lange Sicht nur minimal sein. Je nach Krankheit und nach individueller Konstitution nutzt die Therapie im Heilklima stimulierende Reize und Schonfaktoren so,

### TOU-I-3: Wärmebelastung in heilklimatischen Kurorten

Im Zeitraum 1971-2000 wurde in vier der 62 heilklimatischen Kurorte der Schwellenwert für die Wärmebelastung an mehr als 20 Tagen überschritten. In den vier Gemeinden kam es insgesamt zu Überschreitungen an 21,6 bis 23,3 Tagen.



Datenquelle: DWD (Kurortklimagutachten)

dass der Körper sich regenerieren oder aber auch abhärten und vor Erkrankungen schützen kann.

Ein wichtiger Aspekt bei der Beurteilung der bioklimatischen Situation in Kurorten ist die Zahl der Tage mit Wärmebelastung. Als solche gelten Tage, an denen der Schwellenwert von 29 °C für die Gefühlte Temperatur mindestens einmal überschritten wird. In heilklimatischen Kurorten darf dies im langjährigen Durchschnitt höchstens an 20 Tagen der Fall sein. Wärmebelastungen entstehen i. d. R. an Tagen mit sommerlichen, gering bewölkten Hochdruckwetterlagen mit hohen Temperaturen, hoher Luftfeuchte und schwachem Wind. Unter diesen Bedingungen ist die Wärmeabgabe des Körpers erschwert und das körpereigene Thermoregulationssystem muss verstärkt arbeiten, um die Wärmebilanz auszugleichen und eine Überhitzung zu vermeiden.

Statistische Auswertungen von Klimadaten zeigen für Deutschland, dass sich überdurchschnittlich warme Tage und Monate im Lauf des 20. Jahrhunderts häufen und extreme Wärmeereignisse zunehmen. Durch den Klimawandel wird für die Zukunft mit einer weiteren Zunahme der Häufigkeit und Intensität sowie der mittleren Temperaturen von Wärmeperioden gerechnet. Im Zuge dieser Entwicklung können sich in den heilklimatischen Kurorten die bioklimatischen Faktoren verändern, so dass das Klima keine heilsame Wirkung für den Kurgast mehr entfaltet und es nicht mehr als Heilmittel angewendet werden kann. Im schlimmsten Falle kann dies dazu führen, dass einzelnen Gemeinden ihr Prädikat aberkannt wird.

Die Wärmebelastung in heilklimatischen Kurorten wurde zuletzt für den Zeitraum 1971-2000 ermittelt. Auch für frühere Zeiträume wurden Berechnungen durchgeführt, deren Ergebnisse aufgrund anderer Berechnungsmethoden aber mit den jüngsten Zahlen nicht vergleichbar sind und hier nicht berücksichtigt werden. Im Zeitraum 1971-2000 wurde in vier der 62 heilklimatischen Kurorte der Schwellenwert für die Wärmebelastung an mehr als 20 Tagen überschritten, maximal wurden in einer Gemeinde im langjährigen Durchschnitt 23,3 Tage mit Wärmebelastungen ermittelt. Zu einer Aberkennung des Prädikats hat dies bislang aber nicht geführt.



Heilklimatische Kurorte setzen Klimafaktoren gezielt ein, um Erkrankungen zu heilen, zu lindern oder ihnen vorzubeugen. (Foto: Angelina Ströbel / pixelio.de)

## Schnittstellen

BAU-I-1: Wärmebelastung in Städten  
GE-I-1: Hitzebelastung

## Nimmt die Schneesicherheit ab?

Ob Skifahrer oder Snowboarder, Langläufer, Tourengelher oder Schneewanderer – schneebedeckte Berge, verschneite Wälder und strahlender Sonnenschein sind das Ideal für Wintertouristen und Wintersportler. Fehlt eine ausreichende Schneeauflage, mangelt es an der winterlichen Atmosphäre, vor allem aber an der notwendigen Grundlage für schneegebundene Tourismusformen. Für die Wintertourismusindustrie können sich deutliche wirtschaftliche Einschränkungen ergeben, wenn die Schneebedeckung rückläufig ist und die Grenze der Schneesicherheit in immer höhere Lagen zurückweicht.

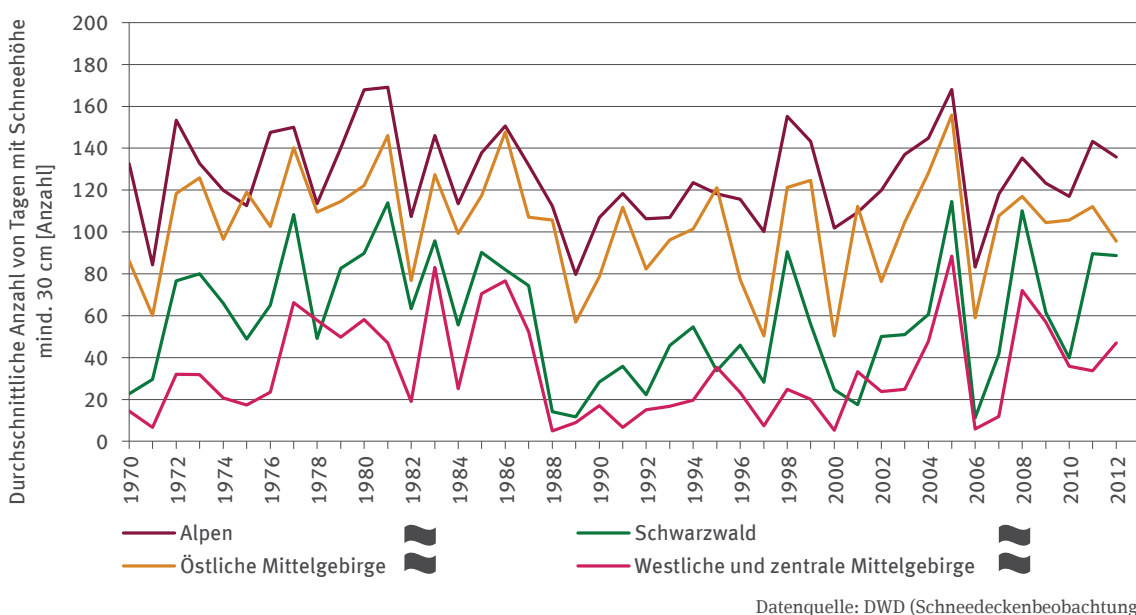
Welche Schneeauflage erforderlich ist, hängt vor allem von der jeweiligen Aktivität und dem Gelände ab. Für Langlauf sind i. d. R. bereits Schneehöhen von 10 bis 15 cm ausreichend. Für den Alpinskibetrieb bestimmt vor allem die Pistencharakteristik, welche Schneehöhe mindestens notwendig ist, um Pisten präparieren zu können, den Boden zu schützen, einen sicheren Skibetrieb zu gewährleisten und den Skifahrern angenehme

Skierlebnisse zu ermöglichen. Allgemein gilt eine Schneehöhe von 30 cm als ausreichend, 50 cm gelten als gut.<sup>33</sup> Steinige und felsige Pisten können aber auch eine sehr viel größere Schneehöhe von bis zu 1 m erfordern, um befahrbar zu sein. Die sogenannte 100-Tage-Regel besagt, dass der erfolgreiche Betrieb eines Skigebiets nur dann gewährleistet ist, wenn solche Bedingungen an mindestens hundert Tagen der Saison gegeben sind.

Eine Analyse der Schneehöhendaten der letzten rund vierzig Jahre zeigt, dass die Schneesituation zwischen 1970 und 2012 in allen skitouristischen Räumen sehr wechselhaft war. Eine an mehr als hundert Tagen in der Saison für den alpinen Skisport ausreichende natürliche Schneedecke in allen Jahren bot nur die Zugspitzregion. Dort und in den weiteren Skiregionen der Alpen herrschten aufgrund der Höhenlage insgesamt die besten Schneebedingungen, in einigen Regionen war die natürliche Schneesicherheit aber auch hier deutlich eingeschränkt. Bei z. T. sehr starken Schwankungen

### TOU-I-4: Schneedecke für den Wintersport

Für keine der Skiregionen in Deutschland zeigt die Anzahl der Tage mit einer natürlichen Schneedecke von mindestens 30 cm einen signifikanten Trend. In allen Regionen traten in den letzten rund vierzig Jahren vereinzelt oder auch periodisch schneearme bzw. schneereiche Winter auf. Nehmen diese natürlichen Schwankungen zu und die Schneesicherheit insgesamt ab, können daraus künftig Imageprobleme für die Skiregionen entstehen.



zwischen den Jahren wurde eine ausreichende natürliche Schneedecke immerhin in über der Hälfte der Jahre erreicht. Hierzu vergleichbare Verhältnisse herrschten in den östlichen Mittelgebirgen, d. h. dem Erzgebirge und dem Bayerischen Wald. In den westlichen und zentralen Mittelgebirgen, d. h. in Harz, Sauerland, Rhön, Thüringer Wald und Fichtelgebirge sowie im Schwarzwald sind die Bedingungen grundsätzlich anders. Hier erreichte die natürliche Schneeeauflage in den meisten Teilgebieten nur in besonders schneereichen Jahren an mehr als hundert Tagen eine Höhe von mindestens 30 cm. Im Sauerland und in der Rhön war dies in keinem Jahr der Fall.

Mit diesen Daten wird ausdrücklich nur das natürliche Potenzial der jeweiligen Region für den Wintersporttourismus beschrieben. Zu den tatsächlichen Schneeverhältnissen in den Skigebieten lässt diese Größe keine Aussage zu. Dort kann eine für den Wintersport erforderliche Schneeeauflage z. T. durch künstliche Beschneigung hergestellt oder deutlich erhöht werden. Als Reaktion auf z. T. in Folge aufgetretene schneearme Winter, aber auch mit Blick auf die entsprechenden Aktivitäten der internationalen Konkurrenz haben die Betreiber von Skigebieten mit der Einrichtung z. T. umfangreicher Infrastrukturen zur künstlichen Beschneigung reagiert. Kunstschnee ist die am weitesten verbreitete Maßnahme, um die Saison zu verlängern oder den Skibetrieb bei starken Wertschwankungen aufrecht zu erhalten. Im alpenweiten Durchschnitt kann etwa die Hälfte der Skigebiete künstlich beschneit werden, in den bayerischen Alpen verfügte im Jahr 2009 knapp ein Sechstel der Skigebiete über Beschneigungsanlagen.<sup>34</sup> Die beschneibare Fläche wuchs in Bayern zwischen 2005 und 2012 um 350 Hektar auf heute ca. 765 Hektar.

Allerdings sind der Beschneigung physische und ökonomische Grenzen gesetzt. Ohne additive Stoffe, die in Deutschland nicht genehmigt sind, werden Temperaturen von unter  $-3\text{ °C}$  benötigt, um Kunstschnee zu erzeugen. Die Kosten der Kunstschneeerzeugung (Investitions-, Betriebs- und Unterhaltungskosten) sind erheblich, bei steigenden Temperaturen steigen die Kosten überproportional an. Sind die Infrastrukturen wie in den Mittelgebirgen wegen häufiger auftretender schneearmer Winter zudem nicht kontinuierlich ausgelastet, ist eine Wirtschaftlichkeit der Anlagen stark in Frage gestellt. Die Maßnahme eignet sich daher grundsätzlich nur begrenzt zur Anpassung. Hinzu kommt, dass die Beschneigung aufgrund des hohen Energie- und Wasserverbrauchs stark umstritten ist. Dies ist ein Grund, warum sich z. B. die Alpenstaaten in der Alpenkonvention, die auf den Schutz und die nachhaltige Entwicklung der Alpen zielt, darauf verständigt haben, die Erzeugung von Schnee



In schneearmen, warmen Wintern wie 2013/2014 können auch technische Maßnahmen keine ausreichende Schneeeauflage schaffen. (Foto: Jürgen Rode / fotolia.com)

nur in den Kälteperioden zuzulassen, gekoppelt an die Voraussetzung, dass die jeweiligen örtlichen hydrologischen, klimatischen und ökologischen Bedingungen es erlauben.

## Schnittstellen

TOU-I-7: Präferenz von Urlaubsreisezielen

## Ziele

Vorausschauende Mitwirkung der Raumplanung bei räumlichen Anpassungsmaßnahmen im Tourismus insbesondere in Küstenbereichen und Berggebieten (DAS, Kap. 3.2.14)

Möglichst landschaftsschonender Bau, Unterhalt und Betrieb von Skipisten unter Berücksichtigung der natürlichen Kreisläufe sowie der Empfindlichkeit der Biotope; Koppelung der Zulassung der Schneeerzeugung in Kälteperioden an die Vereinbarkeit mit den jeweiligen örtlichen hydrologischen, klimatischen und ökologischen Bedingungen (Alpenkonvention, Art. 14)

## Wie geht's dem Wintertourismus?

Für den Wintersporttourismus in Deutschland sind die Vorhersagen angesichts des Klimawandels nicht günstig. Die Skigebiete in den deutschen Alpen liegen überwiegend in einer Höhenlage zwischen ca. 800 und 1.700 m ü. NN und damit deutlich niedriger als die alpinen Skigebiete in der Schweiz, in Italien, Frankreich und z. T. auch in Österreich. Derzeit gelten 27 von ca. 39 Skigebieten in den bayerischen Alpen als schneesicher. Bei einer Erwärmung der Mitteltemperatur um 1 °C wird sich Projektionen zufolge ihre Zahl auf 11 Gebiete, bei 2 °C auf 5 und bei 4 °C auf nur noch ein einziges reduzieren. In den anderen Alpenstaaten – einige österreichische Bundesländer ausgenommen – wird eine deutliche Abnahme schneesicherer Gebiete erst ab einem Temperaturanstieg von über 2 °C erwartet.<sup>33</sup>

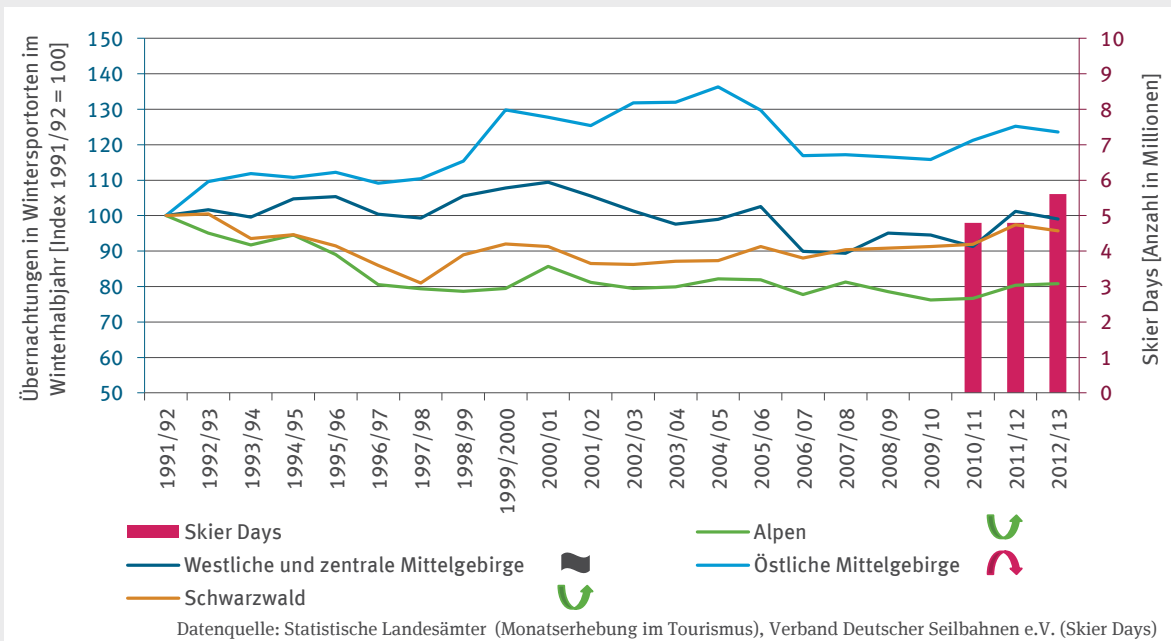
In den Projektionsergebnissen spiegelt sich die heute schon geringere Schneesicherheit der Skigebiete in den deutschen Alpen wider. Besonders schneearme Winter wie zuletzt 2013 / 2014 haben zur Folge, dass Skigebiete

vielerorts nur mit Einschränkungen betrieben werden können. Neben anderen Faktoren, z. B. der größeren Auswahl an Pisten oder der wegen anderer topographischer Verhältnisse im Bereich des Alpenhauptkamms oft breiteren und längeren Abfahrten, ist dies ein Grund, warum anderen Alpenländern bereits heute eine höhere Attraktivität für längere Ski- bzw. Wintersporturlaube beigemessen wird.<sup>35</sup> Diese Konkurrenz durch schneesicherere und attraktivere Skigebiete in den Nachbarstaaten der Alpen ist möglicherweise auch dafür verantwortlich, dass der Tourismusboom der Nachwendejahre, der im Winter 1991 / 1992 für einen Übernachtungsrekord sorgte, nicht lange anhielt. Ab Mitte der 1990er Jahre gingen die Übernachtungszahlen in den Wintersportgemeinden im deutschen Alpenraum wieder zurück und stagnieren seither auf einem niedrigeren Niveau.

Auch für die Mittelgebirge Deutschlands werden schwierige Zeiten für die Skigebiete vorhergesagt. Modellierungen zufolge soll sich die Anzahl der Schneetage in den Mittelgebirgen bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts durchschnittlich

### TOU-I-5: Übernachtungen in Wintersportorten

Die Übernachtungszahlen in den verschiedenen Skiregionen entwickeln sich insgesamt recht unterschiedlich. Auffällig sind die Folgen des besonders warmen und schneearmen Winters 2006 / 2007, in dem die Beherbergungsbetriebe in allen Wintersportregionen Einbußen verzeichneten. Die noch kurze Zeitreihe der Skier Days, d. h. der Erstnutzungen von Seilbahnen in Skigebieten, lässt noch keine Aussagen zu Entwicklungstrends zu.





um mehr als die Hälfte reduzieren. In höheren Lagen fällt der Rückgang zwar geringer aus – in Abhängigkeit von der geographischen und der Höhenlage kann die Schneebedeckung in manchen Regionen vorübergehend sogar zunehmen –, längerfristig ist aber mit deutlichen Einschränkungen zu rechnen.

Einzelne besonders schneearme und warme Winter schlugen sich in der Vergangenheit schon negativ in den Übernachtungszahlen nieder. Der bislang wärmste Winter in Deutschland war der Winter 2006 / 2007 mit einer Durchschnittstemperatur von 4,4 °C. In diesem Jahr sind in allen Wintersportregionen im Vergleich zu den Vorjahren rückläufige Übernachtungszahlen festzustellen, besonders markant in den westlichen und zentralen Mittelgebirgen sowie den östlichen Mittelgebirgen. Auch der Winter 1997 / 1998, in dem die Übernachtungszahlen insgesamt relativ niedrig ausfielen, war mit durchschnittlich 3 °C sehr mild und zumindest in den Mittelgebirgen vergleichsweise schneearm. Möglicherweise verstärkt hier der warme Winter auch die Folgen der sogenannten „Bäderkrise“, als in den Jahren 1996 und 1997 infolge von Kosteneinsparungen im Gesundheitswesen die Übernachtungszahlen in Kurorten deutlich zurückgingen.

Machen Wintersporttouristen in den deutschen Wintersportregionen häufiger negative Erfahrungen, werden sie zukünftig zumindest teilweise ihre Urlaubsaktivitäten verändern. So gab in der repräsentativen Bevölkerungsumfrage „Umweltbewusstsein in Deutschland“ im Jahr 2012 gut ein Viertel der Befragten an, ihre Wintersportaktivitäten anpassen zu wollen, wenn es die klimatischen Rahmenbedingungen erfordern. Deutsche Wintersporttouristen könnten deshalb in stärkerem Maße als bisher für längere Winterurlaube Destinationen in europäischen Nachbarländern ansteuern.

Für die hiesigen Wintersportregionen kann dies dann zur Folge haben, dass die Bedeutung des Tagestourismus weiter zunimmt. Sowohl der deutsche Alpenraum als auch die Mittelgebirge sind in den Wintermonaten sehr beliebte Ziele für den Tagestourismus und genießen u. a. wegen relativ kurzer Anfahrtszeiten aus den Ballungsräumen hohe Attraktivität. Hier wie dort ist der Wintertourismus ein bedeutender Wirtschaftsfaktor. Sind die Schneebedingungen in einzelnen Jahren wie im langen Winter 2012 / 2013 gut, werden die Wintersportangebote gerne genutzt, wie die hohe Zahl von Ersteintritten an den Lifanlagen der Skigebiete (Skier Days) zeigt. Um auch für warme und schneearme Winter wie 2013 / 2014 gerüstet zu sein, empfiehlt es sich für Tourismusregionen, zunehmend alternative Angebote zu entwickeln, die weniger oder gar nicht auf Schnee angewiesen sind.



Alternative Wintersportarten wie das Schneeschuhwandern kommen mit einer vergleichsweise geringen Schneeaufgabe aus. (Foto: Rainer Sturm / pixelio.de)

## Schnittstellen

TOU-I-6: Saisonale Übernachtungen

## Verschieben sich die Urlaubszeiten?

Mit der Änderung der klimatischen Verhältnisse gehen für die Tourismusregionen in Deutschland Veränderungen ihrer Standortfaktoren einher. Während damit z. B. für den klassischen Wintertourismus überwiegend Risiken verbunden sind, können in den warmen Monaten des Jahres durchaus Chancen für die Urlaubsziele in Deutschland erwachsen. Der erwartete Anstieg der Temperaturen und die geringeren Niederschläge vom Frühling bis in den Herbst sowie eine Zunahme von thermisch komfortablen Bedingungen, vor allem in den höheren Gebirgslagen sowie in den Küstenregionen, können sich insgesamt günstig auswirken. Die Urlaubsregionen in Deutschland könnten von diesen Veränderungen z. B. durch steigende Besucherzahlen in der bisherigen Nebensaison oder eine verlängerte Sommersaison profitieren.

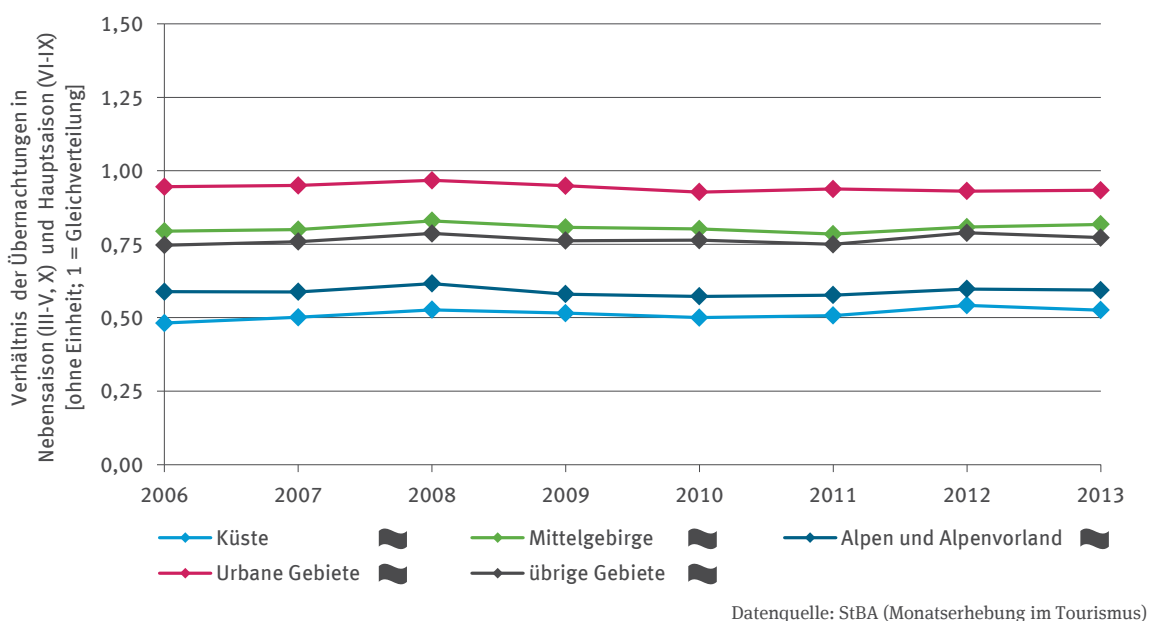
Besonders sensibel gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels sind in positiver wie in negativer Hinsicht Destinationen, die vorrangig wegen wetter- bzw. witterungsabhängigen Aktivitäten ausgewählt werden

und eine starke jahreszeitliche Bindung aufweisen. Dies gilt in ganz besonderer Weise für den Tourismus an der Küste, der in Deutschland überwiegend in der Hauptreisezeit von Juni bis September nachgefragt ist. In diesem Zeitraum werden dort bisher annähernd doppelt so viele Übernachtungsgäste gezählt wie in der Nebensaison. Auch in der Tourismusregion Alpen und Alpenvorland ist die Bedeutung der Hauptsaison von Juni bis September für den Übernachtungstourismus sehr hoch. Die touristische Bedeutung der Wintersaison in den Alpen manifestiert sich mehr im Tagestourismus und der damit verbundenen hohen Wertschöpfung vor allem in den Skigebieten. An den jährlichen Übernachtungen hat die Wintersaison nur einen Anteil von etwas mehr als 20 %.

Die weiteren Tourismusregionen, d. h. die Mittelgebirgsregionen, die urbanen Gebiete und alle übrigen Regionen, weisen bezogen auf die Übernachtungszahlen eine deutlich gleichmäßigere Nachfrage im Jahresverlauf auf. Vor allem der Tourismus in den urbanen Gebieten ist in

### TOU-I-6: Saisonale Übernachtungen in deutschen Tourismusgebieten

Während die Tourismuswirtschaft in den Alpen und im Alpenvorland sowie insbesondere an der Küste schwerpunktmäßig in der Hauptsaison hohe Übernachtungszahlen verbuchen kann, verteilen sich die Gästezahlen in den anderen Tourismusgebieten gleichmäßiger über das Jahr. Signifikante Veränderungen zeigten sich in den vergangenen Jahren nicht.



hohem Maße saisonunabhängig. Diese Regionen profitieren davon, dass die dort vorhandenen Angebote weniger abhängig von Wetter und Witterung sind und ganzjährig genutzt werden können. Hierzu zählen z. B. Kulturreisen, der Wellness-tourismus und andere themenbezogene Reisen.

In allen deutschen Tourismusregionen hat die Zahl der Übernachtungen in den vergangenen Jahren zugenommen, am stärksten in den urbanen Gebieten. Die Zuwächse der Übernachtungszahlen verteilen sich bislang gleichmäßig auf Haupt-, Neben- und auch Wintersaison. Ein signifikanter Trend zur Verschiebung der saisonalen Nachfrage lässt sich bislang nicht feststellen. Für eine Interpretation der Zahlen im Zusammenhang mit den klimatischen Veränderungen ist im Übrigen grundsätzlich Vorsicht angebracht, denn die Zahl der Übernachtungen in deutschen Reisegebieten ist von sehr vielen Faktoren und keineswegs nur von den klimatischen Bedingungen und deren Veränderungen abhängig.

Im Rahmen eines durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts wurden Möglichkeiten einer nachhaltigen Tourismusentwicklung unter den Vorzeichen des Klimawandels für Pilotregionen an der Küste und in Mittelgebirgsregionen untersucht. Die Ergebnisse zeigen u. a., dass Auswirkungen des Klimawandels bislang nur wenig wahrgenommen werden und das Thema Anpassung im Tourismus deswegen noch keine wichtige Rolle spielt. Eine grundsätzliche Bereitschaft, sich mit dem Thema Klimawandel zu beschäftigen, ist zwar durchaus vorhanden, noch liegt der Schwerpunkt aber im Bereich Klimaschutz, der als Chance genutzt wird, um für touristische Angebote ein umweltfreundliches und innovatives Image zu erzeugen.<sup>36</sup>



Frühjahr und Herbst könnten zukünftig wichtiger für die deutschen Tourismusregionen werden.  
(Foto: Peter Freitag / pixelio.de)

## Schnittstellen

TOU-I-2: Übernachtungen im touristischen Großraum  
Küste

TOU-I-5: Übernachtungen in Wintersportorten

## Verändern die Deutschen ihr Reiseverhalten?

Der Klimawandel ist neben dem demographischen Wandel, wirtschaftlichen und politischen Krisen, zunehmendem Konkurrenzdruck, steigender Preissensibilität und Anspruchshaltung eine der Kräfte, die das nationale und internationale Reiseverhalten der Deutschen langfristig beeinflussen werden. Urlauber aus Deutschland werden ihre Reisegewohnheiten zukünftig möglicherweise verändern, u. a. auch als Folge sich ändernder Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse. Eine repräsentative Umfrage aus dem Jahr 2013 ergab, dass mehr als 22 % der deutschen Touristen ihre Reisepläne an steigende Temperaturen anpassen und in kühlere Regionen ausweichen wollen.<sup>37</sup>

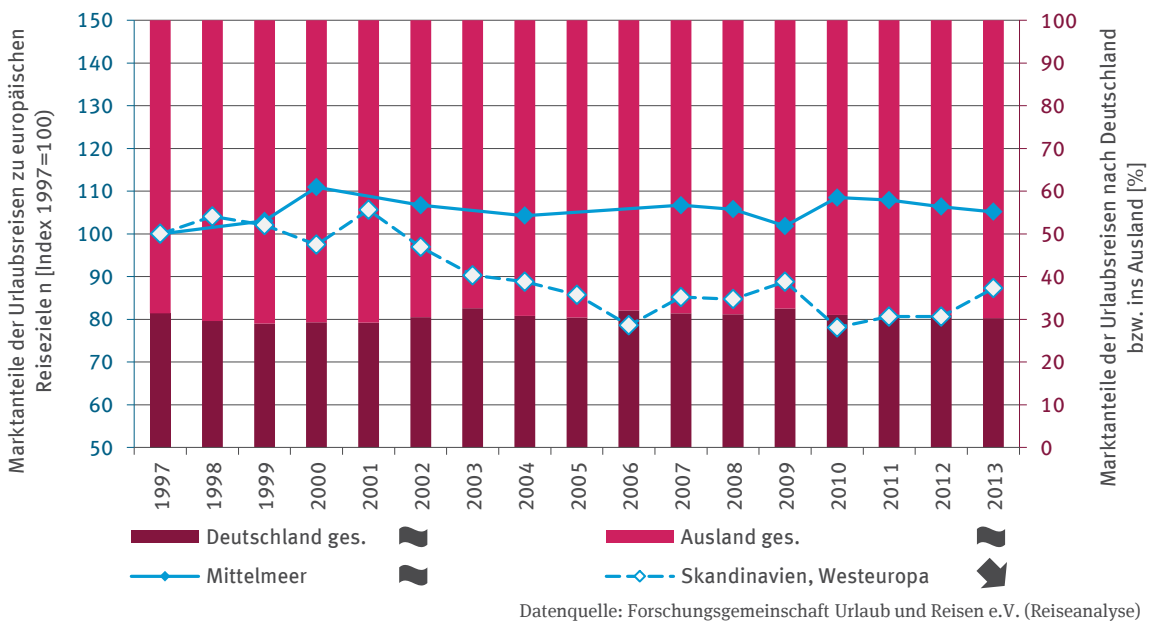
Traditionell ist für deutsche Urlauber das Baden eine der wichtigsten Aktivitäten in der schönsten Zeit des Jahres. Bei Urlaubsreisen ins Ausland stehen Strandurlaub, Baden und Sonnetanken unangefochten an erster Stelle. 29 % aller Auslandsurlaube wurden im Jahr 2010 in erster Linie hierfür unternommen<sup>28</sup>. Es verwundert

daher nicht, dass das Mittelmeer für die Deutschen das beliebteste Ziel für längere Urlaube von mehr als fünf Tagen Dauer ist.

Vor allem für den sommerlichen Strandurlaub im Süden und damit für die Mittelmeerregion als dem „klassischen“ Ziel sowohl deutscher Urlauber als auch des internationalen Tourismus werden negative Folgen des Klimawandels erwartet. So können mediterrane Ziele künftig als weniger geeignet für den Sommerurlaub erscheinen, wenn z. B. für Urlauber bei Hitzewellen und Dürren häufiger Verhältnisse jenseits der thermischen Behaglichkeit herrschen, ausbleibende Niederschläge die Wasserversorgung erschweren und die Gefahr von Waldbränden steigt. Dagegen können die Reiseziele in Mittel- und Nordeuropa in den Sommermonaten von den klimatischen Veränderungen profitieren, wenn höhere Temperaturen und geringere Niederschläge die Attraktivität der dortigen Badeziele erhöhen und die Sommersaison länger andauert. Statistische Modellierungen zur

### TOU-I-7: Präferenz von Urlaubsreisezielen

Im Reiseverhalten der Deutschen spiegeln sich bislang keine der möglichen mit dem Klimawandel assoziierten Entwicklungen. Die Marktanteile des Inlandstourismus sowie des Mittelmeerraums sind stabil. Für Westeuropa und Skandinavien, möglichen Profiteuren klimatischer Veränderungen, ist die Entwicklung in den letzten Jahren signifikant rückläufig.



Entwicklung des Tourismus in Europa kommen zu dem Ergebnis, dass für bislang kühlere Länder und in höher gelegenen Destinationen zum einen mit einer zunehmenden Zahl internationaler Gäste zu rechnen ist. Zum anderen wird eine deutliche Zunahme des Inlandstourismus erwartet, da sich die touristische Nachfrage vom Ausland hin zu inländischen Reisezielen verschiebt.<sup>38</sup>

In ausreichend hohen Lagen können in Nordeuropa auch Vorteile für den Wintersporttourismus entstehen. Mit zunehmenden Niederschlags- und damit Schneemengen in der Wintersaison bleibt die Schneesicherheit Skandinaviens höher als in vielen Teilen der Alpen. Damit kann die Region möglicherweise Marktanteile im alpinen und nordischen Skisport gewinnen, wenn traditionelle Wintersportorte in Deutschland, aber auch niedriger gelegene Skigebiete in Österreich, wegen rückläufiger Schneesicherheit zukünftig unattraktiv für Winterurlauber werden.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass großräumige klimabedingte Änderungen im Reiseverhalten der Deutschen erst langfristig sichtbar werden. Zum einen verläuft die klimatische Entwicklung nicht kontinuierlich, sondern ungünstige Wetter- und Witterungsbedingungen stellen sich unregelmäßig ein. Erst wenn die Urlauber häufiger und regelmäßiger negative Erfahrungen mit den lokalklimatischen Bedingungen machen, ist mit Auswirkungen auf das Reiseverhalten zu rechnen. Zum anderen besteht für die Urlaubssuchenden dann immer noch die Option, sich innerhalb des Mittelmeerraums an die geänderten Verhältnisse anzupassen. Andere Jahreszeiten werden für Reisen in die Region möglicherweise attraktiver, wenn heiße Sommertemperaturen in der bisherigen Hochsaison eher abschreckend wirken. Auch besteht die Möglichkeit, innerhalb des Mittelmeerraums andere Ziele zu wählen. So wird beispielsweise für Südfrankreich ein langsamerer Anstieg der Temperaturen erwartet als etwa für Südspanien oder die nordafrikanische Küste.

Bislang zeigt das Reiseverhalten der Deutschen keine mit dem Klimawandel assoziierten Entwicklungen. Der Mittelmeerraum ist für deutsche Urlauber nach wie vor die attraktivste Reiseregion. Von kleineren Schwankungen abgesehen liegt ihr Marktanteil seit Jahren stabil in einer Größenordnung von ca. 35 %. Auch der Marktanteil der Inlandsurlaube von ca. 30 % zeigt im betrachteten Zeitraum nur geringe Veränderungen. Im Vergleich dazu ziehen die Regionen Skandinavien mit ca. 3 % sowie Westeuropa, d. h. die britischen Inseln, Frankreichs nicht am Mittelmeer gelegene Regionen, die Niederlande Österreich und die Schweiz, mit zuletzt ca. 14 % deutlich weniger deutsche Urlauber an. Nur für diese Region ist im



Werden Nord- und Ostseestrände internationalen Reisezielen zukünftig den Rang ablaufen?  
(Foto: Pupideluxe / pixelio.de)

Übrigen in den vergangenen Jahren ein Trend zu verzeichnen: Das Interesse an einem Urlaub in Westeuropa und Skandinavien ging seit 1997 signifikant zurück.



# Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung

Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung können die Anpassung an den Klimawandel in zwei wesentliche Richtungen unterstützen. Zum einen können sie auf den jeweiligen Planungsebenen gezielt die Risikovorsorge unterstützen und die Flächennutzung so steuern, dass bestehende oder zu erwartende Klimarisiken z. B. durch extreme Wetter- und Witterungsereignisse und ihre Folgen gemindert werden. Zum anderen können sie die sich ändernden Nutzungsansprüche und -erfordernisse, die durch den Wandel der klimatischen Rahmenbedingungen entstehen werden, untereinander und mit den landschaftlichen Potenzialen planerisch in Einklang bringen.

Auf den unterschiedlichen Planungsebenen stehen für diese Zwecke verschiedene Instrumente zur Verfügung. Die wesentlichen formalen Instrumente der Raumordnung, d. h. der Landes- und Regionalplanung, die eine übergeordnete Steuerung der Raumentwicklung ermöglichen, sind die Planungskategorien der Vorrang- sowie der Vorbehaltsgebiete. In Vorranggebieten haben bestimmte raumbedeutsame Funktionen oder Nutzungen Priorität: Damit nicht vereinbare andere raumbedeutsame Nutzungen sind nach einer Ausweisung ausgeschlossen, soweit sie als bestehende Nutzung nicht Bestandsschutz genießen. In Vorranggebieten sind alle berührten Belange bereits letztverbindlich abgewogen. Untergeordnete Planungsebenen können sie nur noch ihrem jeweiligen Planungsmaßstab entsprechend konkretisieren, aber nicht erneut abwägen. Vorbehaltsgebiete entfalten demgegenüber eine geringere Bindungswirkung: Durch die Ausweisung erhalten bestimmte raumbedeutsame Funktionen oder Nutzungen in den Vorbehaltsgebieten zwar für nachfolgende Abwägungen mit anderen Nutzungen ein besonderes Gewicht; entgegenstehende Nutzungen können in der Abwägung aber höher gewichtet werden und sind daher nicht gänzlich ausgeschlossen.

## Anpassungen:

Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft (RO-R-1) .....	208	Siedlungsnutzung in Hochwassergefahrenbereichen (RO-R-6) .....	218
Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Grundwasserschutz und Trinkwassergewinnung (RO-R-2).....	210		
Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für (vorbeugenden) Hochwasserschutz (RO-R-3).....	212		
Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen (RO-R-4) .....	214		
Siedlungs- und Verkehrsfläche (RO-R-5).....	216		

## Raum für Veränderung sichern – Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft

Der Klimawandel wird die ökologischen Bedingungen für Tier- und Pflanzenarten auf großer Fläche verändern. Höhere Temperaturen und ein sich änderndes Niederschlagsgeschehen sowie Extremereignisse wirken sich auf verschiedene Bestandteile von Ökosystemen aus und beeinflussen z. B. den Nährstoffhaushalt, die Lebensraumstrukturen oder das verfügbare Nahrungsangebot. Letztlich bedeutet das: Die Grenzen von Lebensräumen von Tier- und Pflanzenarten verschieben sich.

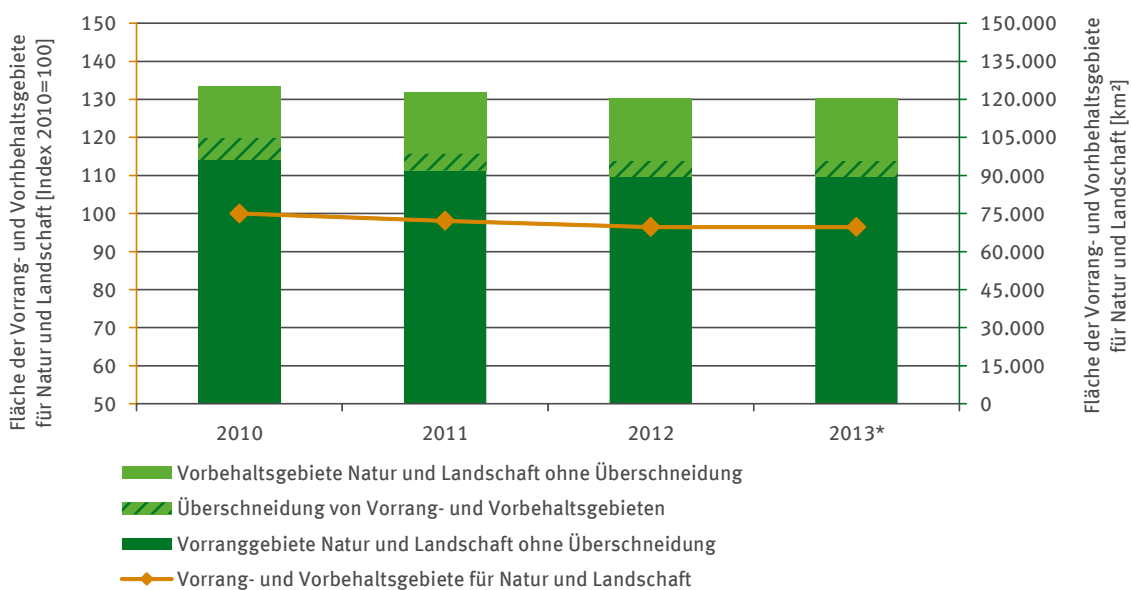
Unter diesen Umständen ist für Fauna und Flora, insbesondere für spezialisierte Arten mit spezifischen Standort- und Habitatansprüchen, ein funktionierender Biotopverbund überlebensnotwendig. In einem zusammenhängenden Netz ökologisch bedeutsamer Freiräume ist es den Arten möglich, sich neue, klimatisch geeignetere Lebensräume mit einer ausreichenden Größe und Ausstattung zu erschließen. Nur so ist auch der für den

Fortbestand der Arten notwendige Austausch zwischen verschiedenen Populationen und Vorkommen gewährleistet.

Mit der Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für Natur und Landschaft kann die Raumordnung einen Beitrag dazu leisten, ein ökologisches Verbundsystem aufzubauen. Sie kann dadurch Flächen sichern bzw. mit Nutzungsbeschränkungen belegen, die für die Anpassung von Tier- und Pflanzenarten an die klimatisch bedingten Veränderungen von Bedeutung sind. Im Jahr 2013 war das auf etwa einem Drittel der Fläche der Bundesrepublik Deutschland der Fall: Insgesamt ca. 120.000 Quadratkilometer waren in diesem Jahr als Vorrang- und bzw. oder Vorbehaltsgebiet ausgewiesen. Es ist zu berücksichtigen, dass in der Auswertung verschiedene, teils heterogene Ausweisungen in den Ländern zusammengefasst sind, z. B. Raumordnungsgebiete für

### RO-R-1: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft

Im Jahr 2013 waren in Deutschland ca. 120.000 Quadratkilometer – etwa ein Drittel der Landfläche der Bundesrepublik – als Vorrang- oder Vorbehaltsgebiet für Natur und Landschaft ausgewiesen. Landes- und Regionalplanung unterstützen mit dieser Maßnahme den Biotopverbund und helfen so Tier- und Pflanzenarten, ihr jeweiliges Verbreitungsgebiet an die sich ändernden klimatischen Bedingungen anzupassen.



\*vorläufige Werte

Datenquelle: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (ROPLAMO - Raumordnungsplan-Monitor)



den Schutz der Natur, den Schutz der Landschaft und die landschaftsorientierte Erholung sowie Gebiete für den Aufbau eines ökologischen Verbundsystems. Aus diesem Grund überlagern sich Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft stellenweise, z. B. wenn Flächen sowohl Vorranggebiet für den Arten und Biotopschutz als auch Vorbehaltsgebiet für den besonderen Schutz des Landschaftsbildes sind. In der Zeitreihe werden diese Teilflächen nur einmal berücksichtigt.

Insgesamt nahm die ausgewiesene Fläche seit 2010 um ca. 5.000 Quadratkilometer ab. Vor allem Ausweisungen von Vorranggebieten wurden zurückgenommen und nur z. T. durch die Neuausweisung von Vorbehaltsgebieten kompensiert.

Nahezu alle Planungsregionen machen von der Möglichkeit Gebrauch, Vorrang- oder Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft auszuweisen. Die großflächige Nutzung der Ausweiskategorien zeigt den Stellenwert, den die Planungsregionen dem Schutz von Natur- und Landschaft und damit auch der Schaffung und Erhaltung eines ökologischen Verbundsystems einräumen. Diese Zahlen genügen aber nicht, um beurteilen zu können, ob das ökologische Verbundsystem seine Aufgaben erfüllt und die Landschaft für Tier- und Pflanzenarten tatsächlich durchlässig ist. Eine solche Bewertung müsste vor allem ins Kalkül ziehen, wie die ausgewiesenen Gebiete räumlich verteilt und miteinander vernetzt sind und welche ökologische Qualität sie aufweisen. Zudem sind die Vorrang- und Vorbehaltsgebiete nicht die einzigen Flächen, die den ökologischen Verbund sicherstellen sollen. Die Entwicklung und Sicherung des Biotopverbunds ist zunächst eine wesentliche Aufgabe des Naturschutzes, der u. a. mit diesem Zweck Schutzgebiete auf naturschutzrechtlicher Grundlage ausweist und deren Management plant und umsetzt. Diese Flächen sind auch Teil des Biotopverbunds, werden in dieser Auswertung aber nur berücksichtigt, sofern sie durch die Raumordnung gleichzeitig als Vorrang- oder Vorbehaltsgebiet ausgewiesen sind. Auch von Seiten der Raumordnung selbst sind nicht alle Instrumente berücksichtigt, die wie z. B. Regionale Grünzüge bzw. Grünzäsuren einem ökologischen Verbundsystem zugutekommen können. Da diesen Flächen aber auch Aufgaben wie die Erholungsnutzung zugewiesen sein können, die den Zielen des Biotopverbunds zuwiderlaufen, werden sie an dieser Stelle nicht berücksichtigt.

Neben den positiven Wirkungen bieten die ökologischen Verbundsysteme grundsätzlich auch Raum für weniger erfreuliche Entwicklungen. Z. B. wird damit gerechnet, dass sich in Folge der Klimaveränderungen



Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft leisten einen Beitrag zum großräumigen Biotopverbund.  
(Foto: Horst Leibrock / pixelio.de)

unerwünschte Arten oder vom Menschen eingebrachte Arten weiter ausbreiten. Hier wird es auf ein gutes Management der Verbundsysteme ankommen, um den Zielstellungen des Naturschutzes zuwiderlaufende Entwicklungen zu vermeiden.

## Schnittstellen

### BD-R-2: Gebietsschutz

#### Ziele

Beitrag zur Anpassung der Arten an die klimabedingte Verschiebung von Lebensräumen durch die planerische Unterstützung bei der Sicherung der Vorranggebiete des Naturschutzes und eines ökologischen Verbundsystems (DAS, Kap. 3.2.14)

Sicherung eines funktional zusammenhängenden Netzes ökologisch bedeutsamer Freiräume, das Wanderungsbewegungen ermöglicht (Handlungskonzept Klimawandel, MKRO 2013, Kap. 3.7)

Sicherung von Lebensraumkorridoren und Funktionsräumen für den Austausch der Arten zwischen schutzwürdigen Lebensräumen durch die Raum-, Regional- und Bauleitplanung; nachrichtliche Übernahme von Lebensraumkorridoren in Raumordnungspläne (Bundesprogramm Wiedervernetzung, Kap. C.3.1, C.3.2)

## Raumordnerischer Trinkwasser- und Grundwasserschutz

Obwohl Deutschland ein wasserreiches Land ist und über ein insgesamt ausreichendes Wasserdargebot verfügt, gibt es regional begrenzt Wassermangelgebiete, in denen die nutzbaren Grundwasservorkommen gering sind und die Wassernachfrage in einzelnen Jahreszeiten mitunter nicht aus der Region gedeckt werden kann. Verteilungssysteme gleichen dort regionale Unterschiede in der Wasserverfügbarkeit aus.

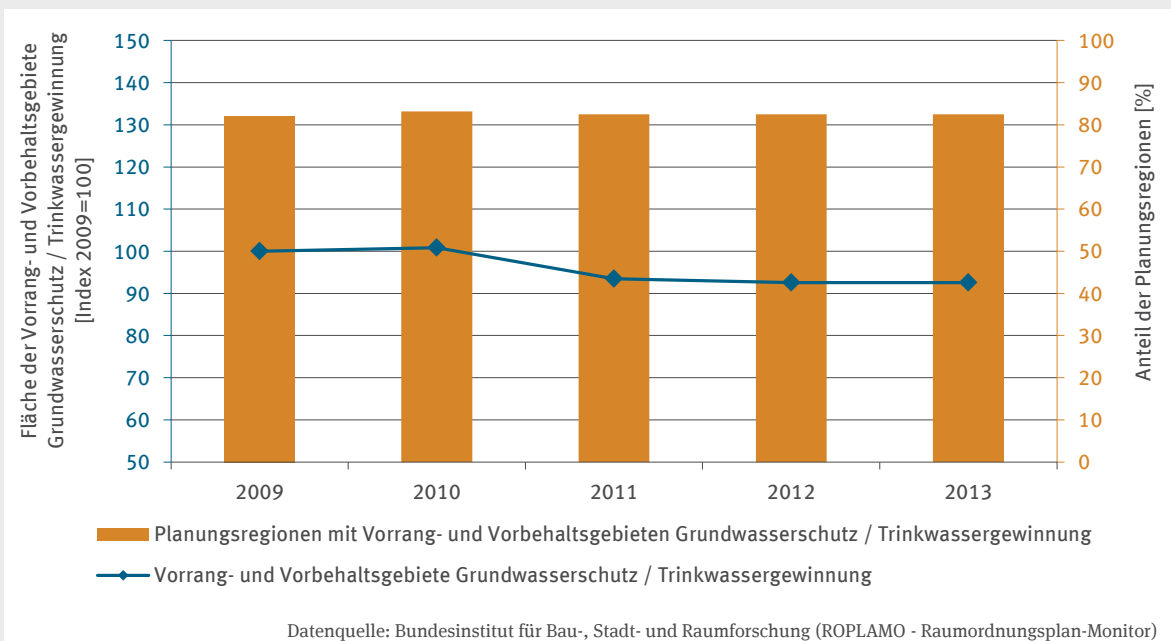
Durch den Klimawandel kann sich die schon aktuell ungünstige klimatische Wasserbilanz in einigen Regionen Deutschlands weiter verschlechtern. Veränderte Niederschlags- und Temperaturverhältnisse wirken sich auf alle Prozesse im Wasserhaushalt aus und beeinflussen somit auch die Grundwasserneubildungsrate sowie die Menge und Qualität von Grund- und Oberflächengewässern, die für die Trinkwassergewinnung genutzt werden. Aus einer zunehmenden Wasserknappheit und häufigeren Dürren können regional Konflikte um die Nutzung vor allem oberflächennaher Wasserressourcen entstehen.

Landes- und Regionalplanung können Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für den Trinkwasser- und Grundwasserschutz ausweisen, um dadurch Wasserressourcen planerisch zu sichern, zwischen unterschiedlichen Nutzungsansprüchen zu moderieren und Konflikte zu vermeiden oder abzuschwächen. Über 80 % der Planungsregionen machen von dieser Möglichkeit Gebrauch. Der hohe Anteil der ausweisenden Planungsregionen macht deutlich, dass die raumordnerischen Instrumente nicht nur in Planungsregionen genutzt werden, die tendenziell von einem Wassermangel betroffen sind. Vielmehr kommt dem Schutz und der Sicherung der Wasserressourcen auch in wasserreichen Gebieten eine hohe Bedeutung zu, auch weil deren Wasservorräte z. T. für die Versorgung der wasserarmen Gebiete mit in Anspruch genommen werden.

In welchem Umfang in den einzelnen Planungsregionen die verschiedenen Gebietskategorien zum Schutz von Grund- und Trinkwasser zur Anwendung gelangen,

### RO-R-2: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Grundwasserschutz / Trinkwassergewinnung

Bei der Neuaufstellung einzelner Regionalpläne in den vergangenen Jahren wurden Vorrang- und Vorbehaltsgebiete nicht erneut oder nur noch in kleinerem Umfang ausgewiesen. In der Folge nahm die Fläche von raumordnerischen Gebieten zum Trinkwasser- und Grundwasserschutz im Vergleich zum Jahr 2009 ab.



hängt neben einer unterschiedlichen Planungspraxis vor allem von der jeweiligen naturräumlichen Ausstattung der Regionen ab, z. B. von der Bodenbeschaffenheit und den geologischen Ausgangsbedingungen sowie der Naturnähe und Nutzungsintensität der Vegetation. Deutschlandweit sind ca. 39.000 Quadratkilometer Fläche als Vorrang- oder Vorbehaltsgebiete für den Trinkwasser- und Grundwasserschutz ausgewiesen, d. h. mehr als 10 % des Bundesgebiets. Auch wenn die Flächenausdehnung allein keine Rückschlüsse erlaubt, ob Gebiete in angemessenem Umfang und angemessener Qualität ausgewiesen sind, zeigt dieser Anteil die hohe Bedeutung, die dem Schutz der Wasserressourcen durch die Raumordnung beigemessen wird.

Regionalpläne werden i. d. R. alle zehn bis 15 Jahre neu aufgestellt oder fortgeschrieben. Die Planungsregionen können dabei die Festlegungen in den Plänen aktualisieren, wodurch es zu Veränderungen der Flächenausweisungen kommen kann. Zudem können die Pläne auch an eine veränderte Rechtslage oder eine geänderte Rechtsprechung angepasst werden.

Insbesondere in trockeneren Regionen des Bundesgebiets sind bei der Fortschreibung von Raumordnungsplänen bereits Festsetzungen zum klimawandelbedingten Grundwasserschutz vorgesehen. In den letzten fünf Jahren nahm die für den Schutz der Wasserressourcen ausgewiesene Fläche dennoch um ca. 3.000 Quadratkilometer ab. Grund hierfür war, dass Raumordnungsgebiete für die Trinkwassersicherung oder zum Schutz von Grundwasserkommen bei der Neuaufstellung einzelner Regionalpläne nicht erneut festgelegt oder in ihrer Flächenausdehnung reduziert wurden.



Raumordnerische Instrumente sichern eine Trinkwasser und Grundwasser schonende Flächennutzung.  
(Foto: selbst / pixelio.de)

## Schnittstellen

WW-I-1: Mengenmäßiger Grundwasserzustand  
WW-R-1: Wassernutzungsindex

## Ziele

Verstärkte raumordnerische Sicherung von Wasserressourcen und planerisches Hinwirken auf angepasste Nutzungen (DAS, Kap. 3.2.14)

Verstärkte Sicherung von Wasserressourcen insbesondere auch zur dauerhaften, langfristigen Sicherung über den gegenwärtigen Nutzungsbedarf hinaus (Reservegebiete); Unterstützung des Erhalts bzw. der Verbesserung des Wasserhaushalts der Böden (Erhöhung der Wasserspeicherfähigkeit, Verbesserung des Infiltrationsvermögens) in den empfindlichen Bereichen der Grundwassereinzugsgebiete; vorausschauende Lenkung stark wasserbrauchender Nutzungen in den von Trockenheit besonders betroffenen Gebieten (Handlungskonzept Klimawandel, MKRO 2013, Kap. 3.5)

## Flächensicherung für den Hochwasserschutz im Binnenland

Als eine mögliche Folge des Klimawandels können sich die Häufigkeit und die Schwere von Hochwasserereignissen ändern, z. B. wenn sich sommerliche Starkniederschläge intensivieren oder die winterlichen Niederschläge zunehmen bzw. vermehrt als Regen fallen. In den Wintermonaten kann in den wassergesättigten Böden nur wenig Niederschlag versickern, sodass dieser i. d. R. direkt abflusswirksam wird. Ein vorausschauender Hochwasserschutz ist daher eine wichtige Anpassungsmaßnahme an die Folgen des Klimawandels.

Zentraler Bestandteil eines vorbeugenden Hochwasserschutzes ist die Ausweisung von Überschwemmungsgebieten, für die das Wasserhaushaltsgesetz bundesweit verbindliche Regeln formuliert. Als Überschwemmungsgebiete sind innerhalb sogenannter Risikogebiete alle Bereiche amtlich festzusetzen, die bei einem hundertjährigen Hochwasserereignis überflutet würden. Zudem sind die zur Hochwasserentlastung und Rückhaltung beanspruchten Gebiete wie z. B. Flutpolder oder

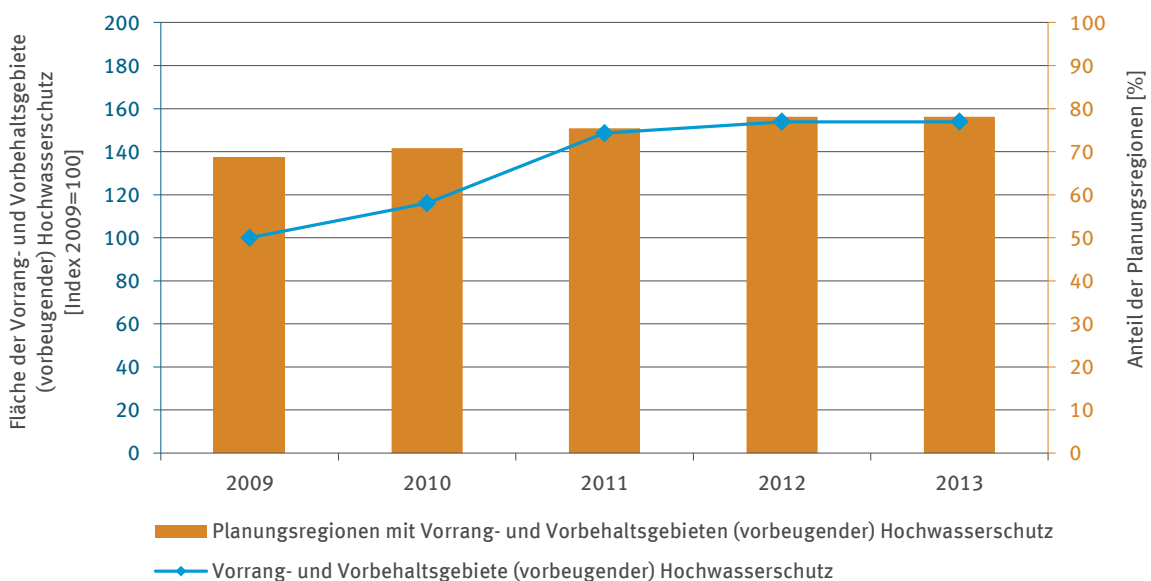
Flutmulden in die Ausweisung einzubeziehen. Über die wasserrechtlichen Vorgaben hinaus ist es aber auch eine Aufgabe der Raumordnung, mit ihren Instrumenten zum vorbeugenden Hochwasserschutz beizutragen.

Als wesentliches Instrument stehen ihr dafür die raumordnerischen Festlegungen zur Verfügung. Hierdurch kann die Raumnutzung so gesteuert werden, dass sie gegenüber Hochwassergefahren, die erwartungsgemäß in Folge des Klimawandels zunehmen, möglichst wenig anfällig ist. In gefährdeten Bereichen kann eine Nutzung für Siedlungen oder Infrastrukturen ausgeschlossen werden. Flächen, die für den Wasserrückhalt in der Landschaft und einen vorausschauenden, den Klimawandel berücksichtigenden Hochwasserschutz von Bedeutung sind, können gesichert bzw. mit Nutzungsbeschränkungen belegt werden.

Das raumordnerische Instrument mit der größten Tragweite für diesen Zweck sind Vorranggebiete für den

### RO-R-3: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für (vorbeugenden) Hochwasserschutz

Die Fläche von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten zum (vorbeugenden) Hochwasserschutz ist zwischen 2009 und 2013 deutlich um ca. 4.000 Quadratkilometer gewachsen. Bis zum Ende des Jahres 2013 hatten 89 von 113 Regionen entsprechende Festsetzungen in ihren Regionalplänen getroffen.



Datenquelle: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (ROPLAMO - Raumordnungsplan-Monitor)

vorbeugenden Hochwasserschutz. Im Bereich der in dieser Kategorie ausgewiesenen Flächen hat der Hochwasserschutz Priorität. Raumbedeutsame Nutzungen, die mit diesem Ziel nicht vereinbar sind, sind ausgeschlossen. Die bisherige Praxis zur Ausweisung von Vorranggebieten in den Planungsregionen ist insgesamt noch heterogen, sie nimmt i. d. R. aber Bezug auf die Abgrenzung der wasserrechtlichen Überschwemmungsgebiete. Teilweise werden die Festlegungen nachrichtlich in den Regionalplänen dargestellt, teilweise sind die ausgewiesenen Vorranggebiete identisch mit den festgesetzten Überschwemmungsgebieten; in anderen Regionen gehen die Vorranggebiete über die Überschwemmungsgebiete hinaus. Teilweise ist eine raumordnerische Vorrangaussweisung zum Hochwasserschutz aber – wie durch das sogenannte Doppelsicherungsverbot im Landesplanungsgesetz Bayern – gesetzlich ausgeschlossen.

Die Festsetzung der Überschwemmungsgebiete war gemäß den EU-rechtlichen Vorgaben bis Ende 2013 abzuschließen. Es ist zu erwarten, dass in der Folge auch zahlreiche Planungsregionen die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für den vorbeugenden Hochwasserschutz nachführen oder erstmalig vornehmen werden. Im Jahr 2013 waren in den Planungsregionen insgesamt ca. 11.500 Quadratkilometer Fläche als Vorrang- und Vorbehaltsgebiete ausgewiesen. Immerhin zwölf Regionen von 113 trafen seit 2009 in ihren Regionalplänen entsprechende Ausweisungen neu, sodass die Fläche von Vorrang- oder Vorbehaltsgebieten zum vorbeugenden Hochwasserschutz in diesem kurzen Zeitraum deutschlandweit um ca. 4.000 Quadratkilometer zunahm.

Im Sinne einer Anpassung an die Folgen des Klimawandels erscheint es wünschenswert, wenn raumordnerische Ausweisungen für den vorbeugenden Hochwasserschutz dort, wo es sinnvoll ist, über die wasserrechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebiete hinausgehen und damit den Vorsorgegedanken zusätzlich stärken. Verschiedene Modellvorhaben der Raumordnung gingen in den vergangenen Jahren der Frage nach, welche Möglichkeiten hierfür bestehen. In der Region Oberes Elbtal-Ostergebirge wurde dabei beispielsweise eine neue Methodik zur Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten Hochwasservorsorge entwickelt und rechtlich geprüft, die eine Abgrenzung der Vorranggebiete für die Hochwasservorsorge anhand der Gefahrenintensität (Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit) bei Extremhochwasser vorsieht und dabei auch den Siedlungsbestand einbezieht.



Ausufern erlaubt – Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für den vorbeugenden Hochwasserschutz können Auenbereiche sichern und den Flüssen Raum bieten.

(Foto: Stefan Heerdegen / pixelio.de)

## Schnittstellen

WW-I-3: Hochwasser

RO-R-6: Siedlungsnutzung in Hochwassergefahrenbereichen

## Ziele

Verstärkter Schutz gegen zunehmende Hochwasserrisiken durch passive Sicherungsmaßnahmen, insbesondere die Freihaltung von Bebauung; Sicherung vorhandener Abfluss- und Retentionsflächen sowie planerische Vorsorge für deren Ausweitung bezogen auf das Risiko eines 200-jährlichen Hochwassers; erhebliche Ausweitung der Retentionsflächen bis zum Jahr 2020 (DAS, Kap. 3.2.14)

Sicherung vorhandener Überschwemmungsbereiche als Retentionsraum; Rückgewinnung von Überschwemmungsbereichen als Retentionsraum; Risikovorsorge in potenziellen Überflutungsbereichen; Verbesserung des Wasserrückhalts in der Fläche der Einzugsgebiete der Flüsse; Sicherung potenzieller Standorte für Hochwasserschutzmaßnahmen (Handlungskonzept Klimawandel, MKRO 2013, Kap. 3.1)

Vorbeugender Hochwasserschutz im Binnenland vor allem durch Sicherung oder Rückgewinnung von Auen, Rückhalteflächen und Entlastungsflächen (Raumordnungsgesetz, § 2 (2))

## Freihalten von wichtigen Flächen für das lokale Klima

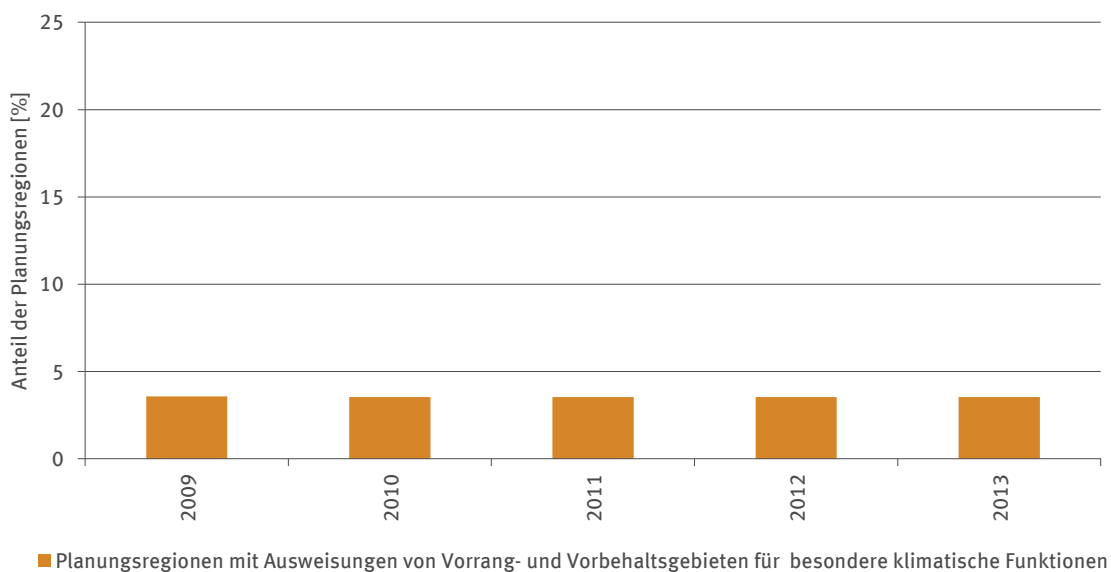
In Städten bzw. Ballungsräumen mit einer hohen Siedlungsdichte und einem hohen Versiegelungsgrad werden oft deutlich höhere Durchschnittstemperaturen und höhere Spitzentemperaturen gemessen als im umgebenden Umland – ein Effekt, der auch als städtische Wärmeinsel bezeichnet wird. Die Intensität des Wärmeinseleffekts nimmt mit steigender Einwohnerzahl zu. In Städten mit rund 100.000 Einwohnerinnen und Einwohnern beträgt der Temperaturunterschied zwischen Stadt und Umland bis zu 6 °C, für die Millionenstadt Köln wurden 2012 am Ende einer Strahlungsnacht über 10 °C nachgewiesen. In Abhängigkeit von den natürlichen bioklimatischen Bedingungen (geografische Lage, Höhenlage etc.) kann es in den Sommermonaten zu verstärkten Wärmebelastungen im Vergleich zum Umland kommen, die sich durch den Klimawandel zukünftig verstärken können. Insbesondere die langsame Abkühlung des Stadtraums abends und in der Nacht kann den Einwohnerinnen und Einwohnern Schwierigkeiten bereiten, wenn aufgrund hoher Temperaturen keine erholsame Nachtruhe möglich ist.

Die Regionalplanung kann dieser projizierten Zunahme von bioklimatischen Belastungssituationen entgegenwirken, indem sie klimatisch bedeutsame großräumige Freiflächen, auf denen sich Kalt- und Frischluft sammeln und in die städtischen Räume gelangen kann, als Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen ausweist und mit lokalen Grünflächen vernetzt. Sie kann dadurch Flächennutzungen verhindern, die dieser Zielstellung zuwider laufen. Die Planung kann aber auch Gebiete ausweisen, in denen aufgrund der lokalen Verhältnisse ein besonderer Handlungsbedarf besteht, bioklimatische Belastungen zu verringern.

Bislang erfolgt die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für besondere Klimafunktionen allerdings nur in wenigen Regionen. Dies liegt zum einen daran, dass die Planungskategorie noch relativ neu ist. Planwerke der Landes- und Regionalplanung haben i. d. R. über längere Zeiträume Bestand, sodass sich Neuerungen erst nach und nach in den Plänen etablieren können.

### RO-R-4: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen

Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen sind ein noch junges Instrument der Raumordnung. Diese Gebietskategorie kommt daher bislang deutschlandweit erst in vier Planungsregionen zur Anwendung.



Datenquelle: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (ROPLAMO - Raumordnungsplan-Monitor)

Zum anderen nutzt die Regionalplanung auch andere raumordnerische Instrumente des Freiraumschutzes wie regionale Grünzüge zur Sicherung klimatisch bedeutsamer Freiflächen oder sie stellt z. B. bioklimatisch relevante Luftleitbahnen symbolisch dar, ohne einzelnen Flächen konkrete Aufgaben zuzuweisen. Welche Instrumente zum Einsatz kommen und wie sie angewendet werden, hängt dabei auch von der Ausweisungspraxis im jeweiligen Bundesland ab. Ein zusätzlicher Bedarf an Flächenausweisungen ist daher mitunter gar nicht gegeben.

In den Planungsregionen in Hessen und Rheinland-Pfalz, die heute schon Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen anwenden, werden die beiden genannten Zielrichtungen, d. h. die Freihaltung klimatisch bedeutsamer Freiflächen und die Ausweisung bioklimatisch belasteter Gebiete mit hohem Handlungsbedarf, in die Praxis umgesetzt. In Hessen geht es in den verschiedenen Regionalplänen um eine nachhaltige Sicherung von Gebieten als klimatische Ausgleichsräume bzw. als Luftleitbahnen. In den Regionalplänen für Mittelhessen und Südhessen werden im Detail Flächen der Kalt- und Frischluftentstehung sowie des Kalt- und Frischluftabflusses benannt, die gesichert und, soweit erforderlich, wiederhergestellt werden sollen. Diese Gebiete sollen von Bebauung und anderen Maßnahmen, die die Entstehung und den Transport von frischer und kühler Luft behindern können, freigehalten werden. Planungen und Maßnahmen, die die Durchlüftung von klimatisch bzw. lufthygienisch belasteten Ortslagen verschlechtern können, sind in diesen Gebieten zu vermeiden. Sie dürfen nur realisiert werden, wenn nachgewiesenermaßen keine erheblichen nachteiligen klimatischen Auswirkungen entstehen.

Die oben skizzierte zweite Anwendungsrichtung der Planungskategorie wird im Regionalplan Mittelrhein-Westerwald verfolgt: Hier werden thermisch belastete Räume und klimatisch sensible Tallagen als Vorbehaltsgebiete festgelegt u. a. mit dem Ziel, die klimatischen Bedingungen nach Möglichkeit zu verbessern. Dazu sollen etwa klimatische Ausgleichsflächen erhalten bleiben bzw. erweitert oder Siedlungsvorhaben vermieden werden, die den Frischlufttransport behindern.



Über Wiesen und Feldern im Stadtumland kann in der Nacht Kaltluft entstehen und in die überwärmten Innenstädte fließen. (Foto: Siegfried Baier / pixelio.de)

## Schnittstellen

GE-I-1: Hitzebelastung  
 BAU-I-1: Wärmebelastung in Städten  
 BAU-I-2: Sommerlicher Wärmeineffekt

## Ziele

Vorbeugen gegen eine sommerliche Überwärmung in Städten und Ballungsräumen durch Planung von Grünzügen und Frischluftschneisen; Freihalten von Frisch- und Kaltluftentstehungsgebieten sowie -abflussbahnen im Rahmen der Siedlungsentwicklung; Vermeidung übermäßiger Erwärmung von Gebäuden und Erholungsflächen (DAS, Kap. 3.2.14)

Sicherung klimawirksamer Ausgleichsräume und Luftaustauschbahnen sowie Ausschluss entgegenstehender Nutzungen durch Festlegung geeigneter Vorrang- / Vorbehaltsgebiete in den Regionalplänen, z. B. als Vorrang-/Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen bzw. klimaökologische Ausgleichsräume; Sicherung klimawirksamer Ausgleichsräume durch sonstige freiraumbezogene Festlegungen; räumliche Steuerung der Siedlungsflächen-/Infrastrukturentwicklung u. a. durch Darstellung von thermischen Belastungsgebieten (Handlungskonzept Klimawandel, MKRO 2013, Kap. 3.4)

## Sparsame Flächenneuanspruchnahme – ein Beitrag auch zur Anpassung

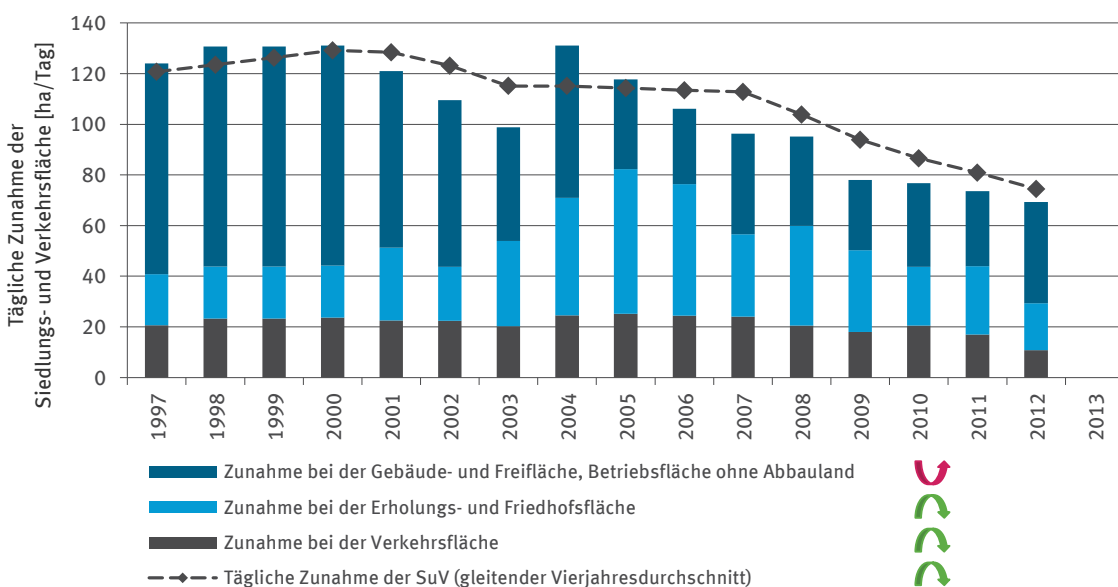
Die unbebaute, unzerschnittene und unzersiedelte Fläche ist eine begrenzte und begehrte Ressource, um die u. a. Land- und Forstwirtschaft, Siedlung und Verkehr, Naturschutz sowie Rohstoffabbau und Energieerzeugung konkurrieren. Mit der Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten verfolgt die Raumordnung das Ziel, die Entwicklung der Flächenneuanspruchnahme zu steuern und die verschiedenen Nutzungsansprüche zu moderieren. Nicht zuletzt gilt es dabei, wichtige Dienstleistungen der Ökosysteme für Mensch und Natur zu erhalten oder weiter zu entwickeln.

Im Zusammenhang mit den sich ändernden Klimaverhältnissen ist mit diesen Ökosystemdienstleistungen zunächst das Potenzial unversiegelter Flächen angesprochen, Niederschläge zu versickern und das Wasser – auch in Hochwassersituationen – zeitweilig zurückzuhalten. Unverbaute Auenflächen bieten den Flüssen Platz und entlasten die

unterliegenden Bereiche der Flussgebiete bei Hochwasser. In bioklimatisch belasteten Räumen steht die Versorgung von Siedlungsräumen mit frischer und kühler Luft im Vordergrund. Über Wiesen- und Ackerflächen im Umland kann sich in den Sommermonaten warme Luft schneller abkühlen als innerhalb von Siedlungen. Luftleitbahnen, z. B. offene Talbereiche, transportieren die kühle Luft in die angrenzenden Siedlungsbereiche und können dort die thermischen Belastungen abmildern. Für die Land- und Forstwirtschaft sowie für die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe ist es vor allem relevant, fruchtbare Böden zu schützen und produktive Flächen für die Zukunft zu erhalten. Tiere und Pflanzen wiederum sind auf unverbaute Flächen und vernetzte, unzerschnittene Landschaftsstrukturen als Lebensräume angewiesen. Verändern sich die Lebensraumbedingungen infolge des Klimawandels, benötigen Fauna und Flora einen funktionierenden Biotopverbund, um sich anpassen zu können.

### RO-R-5: Siedlungs- und Verkehrsfläche

Der Höhepunkt der Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke wurde, bezogen auf den Vierjahresdurchschnitt, im Jahr 2000 überschritten. Vor allem der Zuwachs der Gebäude- und Freiflächen hat sich deutlich verlangsamt, er zieht allerdings in den letzten Jahren wieder an. Zu berücksichtigen ist, dass Umstellungen in den amtlichen Liegenschaftskatastern die Zeitreihen der Flächenkategorien in ihrer Aussagekraft einschränken.



Datenquelle: StBA (Indikatoren zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland)



Während diese Potenziale bei einer (Um-)Nutzung für land- und forstwirtschaftliche Zwecke, für die regenerative Energieerzeugung oder für den Naturschutz erhalten bleiben oder vergleichsweise kurzfristig wiederhergestellt werden können, gehen sie bei einer Neuinanspruchnahme von Flächen für Siedlung und Verkehr oder durch Abgrabungen z. B. bei großflächigen Abbauvorhaben dauerhaft verloren. Die Flächeninanspruchnahme mit ihren verschiedenen nachteiligen Wirkungen zu reduzieren kann daher als eine generelle Anpassungsmaßnahme angesehen werden, welche die räumliche Planung mit ihrem Instrumentarium in ihrer Umsetzung unterstützen kann. Die Verringerung der Flächenneuanspruchnahme ist gleichzeitig eines der zentralen Nachhaltigkeitsziele der Bundesregierung: Die tägliche Neuinanspruchnahme von Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke soll bis zum Jahr 2020 auf 30 Hektar gesenkt werden. Sie ist seit dem Jahr 2000 auch rückläufig. Dies ist vor allem auf einen verlangsamten Zuwachs der Entwicklung der Gebäude- und Freiflächen sowie Betriebsflächen ohne Abbauand zurückzuführen, der sich nach dem Jahr 2000 innerhalb weniger Jahre halbiert und seit 2005 zwischen 30 und 40 Hektar pro Tag eingependelt hat. Derzeit zieht die Bautätigkeit allerdings wieder an. Die Zunahme der Verkehrsflächen lag bis zum Jahr 2007 infolge des anhaltenden Ausbaus der überörtlichen Straßenverkehrsinfrastruktur weitgehend konstant zwischen ca. 20 und 25 Hektar pro Tag. Seit 2008 verläuft der Zuwachs langsamer, 2012 war mit rund 11 Hektar täglich der bislang niedrigste Stand zu verzeichnen. Die starke Zunahme der Erholungs- und Friedhofsflächen zwischen 2003 und 2009 repräsentiert dagegen z. T. keine realen Flächennutzungsänderungen, sondern ist auf Umstellungen in den amtlichen Liegenschaftskatastern zurückzuführen, die der Erhebung zugrunde liegen. Die reale Flächenneuanspruchnahme lag in diesen Jahren daher tendenziell niedriger, als es die Flächenstatistik ausweist.

In welchem Umfang die räumliche Planung mit ihren Instrumenten zu der insgesamt verlangsamten Flächenneuanspruchnahme beiträgt, lässt sich anhand der flächenstatistischen Zahlen nicht abschätzen. Die Gründe für das verhaltene Wachstum der Siedlungs- und Verkehrsflächen der letzten Jahre werden in der demographischen und der konjunkturellen Entwicklung gesehen, aber auch in einem verschärften Planungsrecht sowie einer restriktiveren Freiraumsicherung. Das bis 2020 angestrebte Nachhaltigkeitsziel wird sich allerdings auch bei einer Fortsetzung des aktuellen Entwicklungstrends nicht ohne weitere Anstrengungen erreichen lassen. Die notwendigen zusätzlichen Bemühungen um eine sparsame Flächenentwicklung müssen möglichen Klimawandelfolgen Rechnung tragen. Beispielsweise sollte eine



Verbaute Böden können wichtige Ökosystemdienstleistungen, die in Zeiten des Klimawandels wichtig sind, nicht mehr erbringen. (Foto: Rainer Sturm / pixelio.de)

verstärkte Siedlungsentwicklung nach Innen, z. B. durch Flächenrecycling oder Nachverdichtung, keine höheren bioklimatischen Belastungen nach sich ziehen.

## Schnittstellen

BAU-I-1: Wärmebelastung in Städten

WW-I-3: Hochwasser

RO-R-6: Siedlungsnutzung in Hochwassergefahrenbereichen

## Ziele

Verbesserung der Versickerungsmöglichkeiten durch Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme und planerische Unterstützung von Rückbau und Entsiegelung (DAS, Kap. 3.2.14)

Flächeninanspruchnahme von maximal 30 Hektar pro Tag im Jahr 2020 (NHS, Teil D, I 4)

Sparsamer und schonender Umgang mit Grund und Boden, Verringerung der zusätzlichen Inanspruchnahme von Flächen für bauliche Nutzungen, Vorrang der Innenentwicklung (Baugesetzbuch, § 1a (2), Raumordnungsgesetz § 2 (2))

Naturgüter, die sich nicht erneuern, sind sparsam und schonend zu nutzen. (Bundesnaturschutzgesetz, § 1 (3))

## Siedlungsentwicklung in Bereichen mit Klimagefahren vermeiden

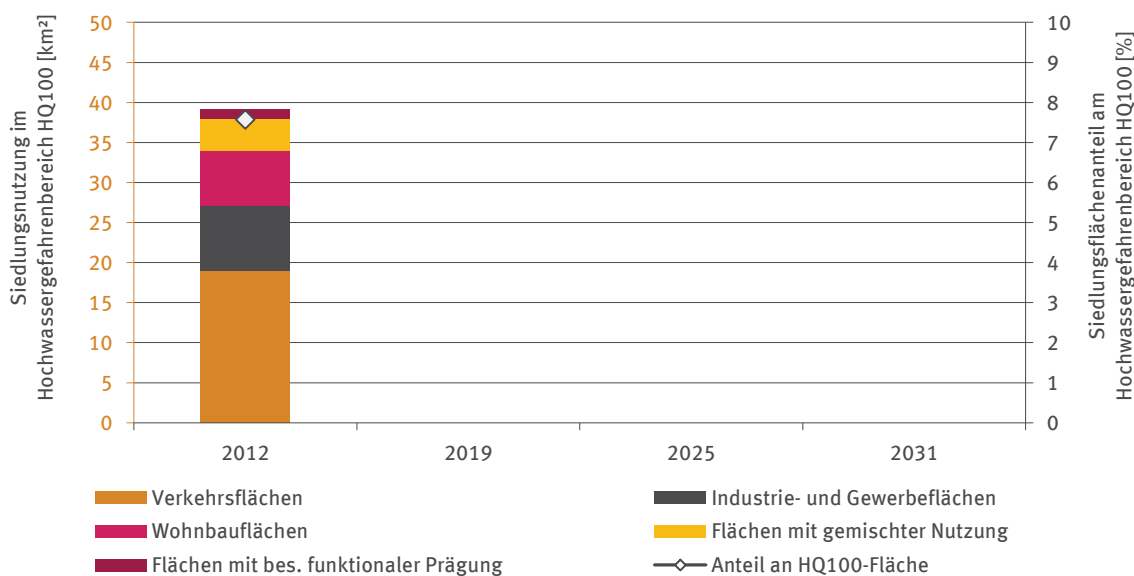
Im Zusammenhang mit dem Klimawandel ist die vorausschauende Risikovorsorge eine der wesentlichen Aufgaben der Raumordnung. Sie kann einerseits dazu beitragen, die Siedlungsentwicklung gezielt in Bereiche zu lenken, in denen mit dem Klimawandel einhergehende Gefahren nicht oder nur in einem beherrschbaren Maße bestehen. Andererseits kann sie dafür sorgen, dass erkennbare Gefahrenbereiche möglichst von Siedlungstätigkeit freigehalten werden. Zu den relevanten Gefahren zählen Massenbewegungen wie Steinschlag, Felsstürze oder Rutschungen und Erdfälle sowie – an den Küsten und auf den Inseln – Sturmfluten. Diese Gefahren können regional infolge des Klimawandels steigen, wenn extreme Wetter- und Witterungssituation zukünftig in ihrer Häufigkeit und Intensität zunehmen.

Als eine Folge des Klimawandels wird auch erwartet, dass sich das Niederschlagsgeschehen verändert und

die Gefahren durch Hochwasserereignisse steigen, da diese zum einen häufiger auftreten und zum anderen heftiger ausfallen können. Der Verlauf von Hochwassern und deren Schadenspotenzial wird maßgeblich auch durch vergangenes und aktuelles Handeln des Menschen beeinflusst. So sind etwa in vielen Flussgebieten in früheren Zeiten natürliche Überschwemmungsgebiete durch Deich- und Flussausbaumaßnahmen weggefallen. Viele Flussläufe wurden verkürzt und die Fließgeschwindigkeit der Flüsse dadurch erhöht; bei Hochwassern konzentriert sich der Abfluss vieler Zuflüsse nun schneller in einem Flussbett. Die Hochwasserwellen sind heutzutage im Vergleich zu früher oft steiler und ihre Laufzeiten kürzer. Die Gefahr der Schäden durch Hochwasser ist dadurch gestiegen. Auch wurden im Schutz der Deiche hohe materielle Werte in Gebieten errichtet, die ehemals den Flüssen als Überschwemmungsflächen zur Verfügung standen. Reicht der Hochwasserschutz nicht aus, und

### RO-R-6: Siedlungsnutzung in Hochwassergefahrenbereichen – Fallstudie

Entlang des bayerischen Mains waren im Jahr 2012 knapp 8 % der Flächen, die durch ein hundertjährliches Hochwasser überschwemmt würden, für Siedlungszwecke genutzt. Verkehrsflächen machen annähernd die Hälfte dieser Flächen aus, aber auch Industrie und Gewerbe sowie Wohnen belegen größere Flächenanteile in den Überschwemmungsgebieten.



Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hochwasserrisikokarten für das Flussgebiet Main)

trifft ein Hochwasser diese Siedlungen oder Industriegebiete, können sehr hohe Schäden entstehen.

Heute ist der Schutz vor Hochwasserereignissen im Wasserhaushaltsgesetz gemäß den Vorgaben der Europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie geregelt. Danach sind zur Flächenvorsorge Überschwemmungsgebiete verbindlich auf der Grundlage eines statistisch einmal in hundert Jahren zu erwartenden Hochwassers (HQ100) festzusetzen. In diesen Gebieten sind sowohl die Ausweisung von neuen Baugebieten in Bauleitplänen als auch die Errichtung oder Erweiterung baulicher Anlagen untersagt bzw. nur in Ausnahmefällen zulässig.

In der Vergangenheit wurden in vielen Überschwemmungsgebieten aber bereits bauliche Anlagen wie Verkehrsinfrastrukturen, industrielle und gewerbliche Anlagen sowie Wohngebäude errichtet, für die nun ein Hochwasserrisiko besteht. Eine exemplarische Auswertung des Hochwasserrisikomanagement-Plans für das Flussgebiet Main zeigt, dass hier knapp 8 % der Flächen, die durch ein hundertjährliches Hochwasser überschwemmt würden, für Siedlungszwecke genutzt sind.

Verkehrsflächen machen annähernd die Hälfte dieser Flächen aus, aber auch Industrie und Gewerbe sowie Wohnen belegen größere Flächenanteile in den Überschwemmungsgebieten. Nach der geltenden Gesetzeslage sollten sich diese Flächenanteile zukünftig nicht weiter ausdehnen. Dennoch kann, vor allem in bereits dicht besiedelten Flusstälern mit geringen Entwicklungsspielräumen, nach wie vor ein hoher Druck auf diese Flächen bestehen. Dem muss eine vorausschauende Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung entgegenwirken.



Siedlungen entlang von Flussläufen sind den Gefahren extremer Hochwasserereignisse ausgesetzt.  
(Foto: GDV – Ihre Deutschen Versicherer)

## Schnittstellen

WW-I-3: Hochwasser

FiW-R-1: Versicherungsdichte der erweiterten Elementarschadenversicherung für Wohngebäude

RO-R-5: Siedlungs- und Verkehrsfläche

## Ziele

Verstärkter Schutz gegen zunehmende Hochwasserrisiken durch passive Sicherungsmaßnahmen; Sicherung vorhandener Abfluss- und Retentionsflächen; erhebliche Ausweitung der Retentionsflächen bis 2020 unter weitgehender Nutzung aller vorhandener Potenziale (DAS, Kap. 3.2.14)

Erhaltung von Überschwemmungsgebieten in ihrer Funktion als Rückhalteflächen; so weit wie möglich Wiederherstellung früherer Überschwemmungsgebiete, die als Rückhalteflächen geeignet sind (Wasserhaushaltsgesetz § 77)

Sicherung vorhandener Überschwemmungsbereiche als Retentionsraum; Rückgewinnung von Überschwemmungsbereichen als Retentionsraum; Risikoversorge in potenziellen Überflutungsbereichen (Handlungskonzept Klimawandel, MKRO 2013, Kap. 3.1)

Vorbeugender Hochwasserschutz im Binnenland vor allem durch Sicherung oder Rückgewinnung von Auen, Rückhalteflächen und Entlastungsflächen (Raumordnungsgesetz § 2 (2))



**Bevölkerungsschutz**

Die Bewältigung von Starkregen und Stürmen, aber auch von Hochwasserereignissen oder Hitzeperioden ist eine Kernaufgabe des Bevölkerungsschutzes. Die Auswirkungen des Klimawandels bringen neue Herausforderungen für die Katastrophenvorsorge und das Katastrophenmanagement mit sich, auf die sich der Bevölkerungsschutz einstellen muss. Neue Anforderungen entstehen vor allem aus der erwarteten Zunahme der Häufigkeit und der Intensität von extremen Wetterlagen und Witterungen und den damit verbundenen Folgen.

Auch unter diesen Vorzeichen soll der Bevölkerungsschutz seine Aufgaben zuverlässig erfüllen können. Dazu gehört z. B. der Schutz von Gesundheit und Sachwerten der Bürgerinnen und Bürger bei Katastrophen und schweren Notlagen. Ein zentrales Anliegen ist es darüber hinaus, die Verfügbarkeit der sogenannten „Kritischen Infrastrukturen“ (KRITIS) sicherzustellen, zu denen z. B. Energie- und Wasserversorgung, Transport und Verkehr sowie Telekommunikations- und Informationstechnik zählen. Hierbei ist Vorbeugung oft der beste Schutz und in eigener Verantwortung durch die jeweiligen staatlichen und privaten Akteure zu leisten.

Bei der weiteren Entwicklung des Bevölkerungsschutzes wird es für die Behörden und die im Bevölkerungsschutz tätigen Organisationen darum gehen, ihre materiellen, personellen und infrastrukturellen Ressourcen zunehmend auf Wetterextreme und deren Folgewirkungen auszurichten. Darüber hinaus können Anpassungen z. B. in den Bereichen Aus- und Weiterbildung, Einsatzkoordination oder Organisation notwendig werden oder Optimierungen von Warnungen und Meldewegen erforderlich sein. Nicht zuletzt kommen der Information und Aufklärung der Bevölkerung sowie der Einübung von Verhaltensweisen für den Ereignisfall besondere Bedeutung zu, denn eine Vielzahl von Schutz- und Hilfemaßnahmen kann und muss durch die Bürgerinnen und Bürger selbst geleistet werden.

## Auswirkungen des Klimawandels

Einsatzstunden bei wetter- und witterungsbedingten Schadenereignissen (BS-I-1)..... 222

## Anpassungen

Information zum Verhalten im Katastrophenfall (BS-R-1) ..... 224  
Vorsorge in der Bevölkerung (BS-R-2)..... 226  
Übungsgeschehen (BS-R-3) ..... 228  
Aktive Katastrophenschutz Helfer (BS-R-4)..... 230

## Einsatz bis ans Ende der Kräfte?

Deutschland erlebte seit dem Jahr 2000 eine Reihe von extremen Hochwasserereignissen, die jeweils Ausmaße einer Jahrhundertflut annahmen. Zuletzt standen im Frühsommer 2013 ganze Landstriche im Süden und Osten Deutschlands unter Wasser, von Bayern über Sachsen bis nach Schleswig-Holstein. Deutliche Spuren hinterließen auch Orkane wie Kyrill 2007 oder Xynthia 2010.

Insbesondere diese extremen Ereignisse, deren Häufigkeit und Intensität den Projektionsergebnissen zufolge unter den sich ändernden Klimabedingungen zunehmen können, sind mit teilweise massiven Einsatzbelastungen für die Einsatzkräfte verbunden. Schließlich gehört es zu deren wesentlichen Aufgaben, technische Hilfe zu leisten, wenn aus extremen Wetter- und Witterungsereignissen Katastrophen entstehen. Die Einsatzkräfte sichern z. B. Deiche mit Sandsäcken oder montieren mobile Hochwasserschutzwände, um Überflutungen zu verhindern, sie evakuieren Anwohner und verhindern, dass Industrieanlagen oder Klärwerke überschwemmt

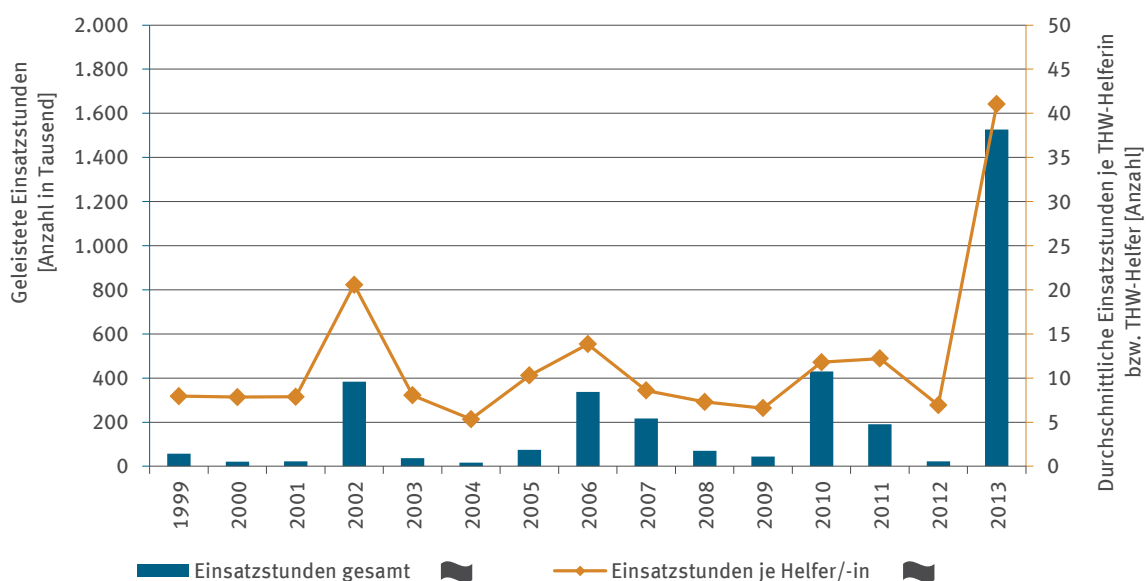
werden. Nach heftigen Stürmen oder Orkanen entfernen sie Windbruch von Straßen und Schienen und machen diese wieder befahrbar.

Vierorts signalisieren die im Bevölkerungsschutz tätigen Organisationen bereits heute, dass die Zahl der wetterbedingten Einsätze zu technischen Hilfeleistungen ansteigt. Detaillierte quantitative und vergleichbare Daten über die Anzahl, Dauer und Ursachen von Einsätzen liegen für die Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW) vor. Signifikante Trends zu einer dauerhaft erhöhten Belastung der Einsatzkräfte sind bislang zwar nicht zu verzeichnen, die Zahlen für die vergangenen Jahre zeigen jedoch, wie einzelne Extremereignisse – und insbesondere die Jahrhunderthochwasser in den verschiedenen Flussgebieten – das Einsatzgeschehen prägen.

Im Sommer 2002 waren rund 24.000 Helferinnen und Helfer des THW aus der ganzen Bundesrepublik zur Bewältigung der Flutkatastrophen an Donau und Elbe

### BS-I-1: Einsatzstunden bei wetter- und witterungsbedingten Schadenereignissen

In Jahren mit Orkanen, heftigen Starkregen oder extremen Hochwasserereignissen kommt es zu deutlich erhöhten Einsatzbelastungen für die Helferinnen und Helfer des Technischen Hilfswerks. Die Zeitreihe ist stark von einzelnen extremen Ereignissen geprägt. Ein signifikanter Trend zeichnet sich bislang nicht ab.



Datenquelle: Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (Helferstatistik)

und ihrer Folgen im Einsatz. Der THW-Einsatz dauerte rund sechs Wochen und war der bis dahin größte in der 50-jährigen Geschichte des THW. Auch die hohen Einsatzzahlen in den Jahren 2006 und 2010 wurden maßgeblich durch Hochwasserereignisse ausgelöst. 2006 kam es wieder zu großflächigen Überschwemmungen an der Elbe. Im Jahr 2010 führten nach starken Hochwassern an Oder und Neiße Ende Mai und einem Donauhochwasser im Juni starke Regenfälle im August deutschlandweit zu Hochwasser. Besonders betroffen waren in Brandenburg und Sachsen die Flüsse Neiße, Spree und Elbe.

Für das Jahr 2007 gingen die überdurchschnittlichen Einsatzzahlen zu großen Teilen auf das Konto des Orkantiefs Kyrill im Januar. Dieses beeinträchtigte das öffentliche Leben in weiten Teilen Europas, führte – u. a. auch in Deutschland – zur streckenweisen Einstellung des Schienenverkehrs und forderte insgesamt 47 Todesopfer. In verschiedenen Regionen Deutschlands kam es darüber hinaus zu massiven Überschwemmungen infolge von Starkregen.

Die Hochwasserereignisse in den Einzugsgebieten von Donau und Elbe im Jahr 2013 stellten aber hinsichtlich der Einsatzbelastung die vorgenannten Jahre weit in den Schatten. Insgesamt fielen in diesem Jahr 1,5 Millionen Einsatzstunden an, mehr als in den Jahren 2002, 2006, 2007 und 2010 zusammen. Grund für die hohe Belastung waren eine verstärkte, z. T. auch vorsorgende Anforderung des THW, der konstant hohe Bedarf an Einsatzkräften während der gesamten Dauer des Einsatzes von Ende Mai bis Mitte Juli sowie die flächenhafte Ausdehnung: Es waren insgesamt neun Bundesländer betroffen.

Insbesondere solche mehrere Wochen dauernden Einsätze mit einem dauerhaft hohen Bedarf an Einsatzkräften sind eine große Herausforderung für das überwiegend ehrenamtlich aufgebaute THW. Für einige Helferinnen und Helfer ist eine Freistellung vom Arbeitgeber für mehrere Wochen aufgrund der Arbeitsmarktsituation problematisch. Die Folge ist ein hoher Durchlauf an Einsatzkräften, der eine verstärkte Koordination erfordert und organisatorische Probleme mit sich bringt.

Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Einsatzzahlen des THW nur eingeschränkt Rückschlüsse auf die anderen im Bevölkerungsschutz tätigen Organisationen erlauben, da das THW nur auf Anforderung eingesetzt wird. Außerdem sind die Zahlen auch von der Art der auftretenden Ereignisse abhängig, denn für bestimmte Einsatzfälle ist vor allem das THW mit seiner spezifischen Materialausstattung gerüstet. Für Jahre mit ausgeprägten Extremereignissen muss aber davon ausgegangen



Großschadenlagen wie die Hochwasserereignisse an Donau und Elbe im Jahr 2013 verlangen den ausdauernden Einsatz der Helferinnen und Helfer. (Foto: THW / Nicolas Hefner)

werden, dass auch bei anderen Organisationen – neben dem THW sind dies die Feuerwehren, das Deutsche Rote Kreuz, der Arbeiter-Samariter-Bund, die Deutsche Lebensrettungsgesellschaft, der Malteser Hilfsdienst und die Johanniter Unfallhilfe – deutliche wetter- und witterungsbedingte Einsatzbelastungen und die mit der ehrenamtlichen Struktur verbundenen Schwierigkeiten auftreten.

## Schnittstellen

BS-R-4: Aktive Katastrophenschutz Helfer  
 FiW-I-1: Schadenaufwand und Schadensatz in der  
 Verbundenen Wohngebäudeversicherung  
 WW-I-3: Hochwasser

## Ziele

Anpassung des bestehenden effektiven Krisenmanagements und der Notfallvorsorge an aktuelle Erfordernisse und künftige Entwicklungen wie den Klimawandel (DAS, Kap. 3.2.14)

## Information und Wissen – Bausteine zur Selbsthilfe

Die Selbstschuttfähigkeit der Bevölkerung ist eine wichtige Komponente des Bevölkerungsschutzes. Als Selbstschutz bezeichnet man die Summe der individuellen Maßnahmen der Bevölkerung, von Behörden und / oder Betrieben zur Vermeidung, zur Vorsorge und zur Selbsthilfe, d. h. zur Bewältigung von Ereignissen. Durch das richtige Verhalten in Notfallsituationen können Bürgerinnen und Bürger dazu beitragen, sich selbst und ihre Mitmenschen zu schützen und die allgemeine Sicherheit zu verbessern.

Kommt es zu einem Unfall oder einer Notsituation, benötigen die Rettungskräfte Zeit, um den Einsatzort zu erreichen und Hilfe leisten zu können. Sind dies bei einem Unfall i. d. R. nur wenige Minuten, kann es bei wetter- und witterungsbedingten Extremereignissen wesentlich länger dauern, bis Rettungskräfte in ausreichender Anzahl eintreffen, um allen Betroffenen helfen zu können. Auch kann das Einsatzgebiet zu groß sein, um alle Hilfsbedürftigen schnell zu erreichen. Um Leib

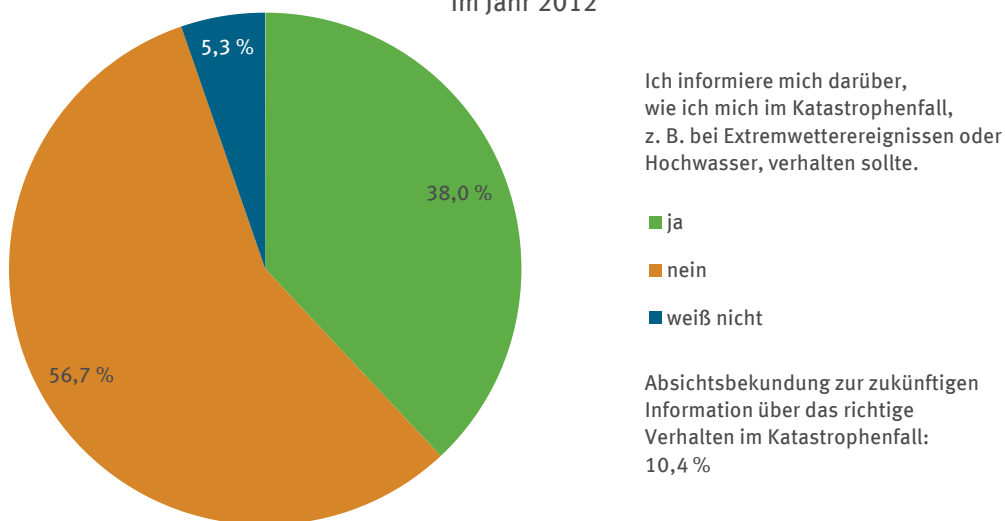
und Leben zu schützen und Sachwerte zu erhalten, ist es daher bei Ereignissen wie schweren Unwettern, außergewöhnlich starken Schneefällen, Sturzfluten oder großflächigen Überschwemmungen besonders wichtig, dass die Bürgerinnen und Bürger sich zunächst selbst helfen können, bis Feuerwehr, Rettungsdienst oder Katastrophenschutz zur organisierten Hilfeleistung eintreffen.

Dabei gilt, dass vor allem derjenige richtig helfen kann, der sich mit den möglichen Folgen eines Schadensereignisses schon auseinander gesetzt hat, bevor es eintritt. Es ist daher von Bedeutung, dass möglichst viele Menschen die sie betreffenden Gefahren kennen und über die richtigen Verhaltensweisen in Notfallsituationen informiert sind. Der technische Fortschritt in der Verarbeitung und Verbreitung geografischer Informationen hat in den letzten Jahren zahlreiche neue Quellen hervorgebracht, aus denen sich Bürgerinnen und Bürger über lokal oder regional bestehende Gefahren informieren können. So werden im Internet mittlerweile z. T. flurstückgenaue

### BS-R-1: Information zum Verhalten im Katastrophenfall

Knapp 40 Prozent der Befragten der Umweltbewusstseinsstudie 2012 informieren sich bislang über das richtige Verhalten im Katastrophenfall. Während weitere 10 Prozent sich dies für die Zukunft vorgenommen haben, sieht mehr als die Hälfte der Befragten hierfür keinen Bedarf.

Angabe zur Eigeninformation über das richtige Verhalten im Katastrophenfall im Jahr 2012



Datenquelle: BMUB & UBA (Umweltbewusstsein in Deutschland 2012)



Informationen zu Hochwassergefahren, zu Geogefahren wie Massenbewegungen und Erdfällen oder auch zu Sturmschadensrisiken angeboten. Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. bietet mit dem „Kompass Naturgefahren“ im Internet eine adressgenaue Einschätzung der Naturgefahren von Hochwasser, Sturm und Hagel, Blitz und Überspannung an, bislang allerdings nur für die Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und Berlin.

Ausgehend vom Wissen um die Gefahren, die möglicherweise für ihren Wohn- und Arbeitsort bestehen, können die Bürgerinnen und Bürger sich Informationen über das richtige Verhalten für Notfallsituationen einholen. Wichtig ist zum einen die Entwicklung und Pflege allgemeiner Fähigkeiten z. B. durch Erste-Hilfe-Kurse. Zum anderen werden von Behördenseite Informationsmaterialien angeboten. Von Bundeseite informiert vor allem das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe über das richtige Verhalten im Katastrophenfall, etwa in Form von Broschüren sowie zentral und Internet-gestützt im deutschen Notfallvorsorge-Informationssystem. Hinzu kommen Informationsangebote der Länder und ggf. der vor Ort zuständigen kommunalen Behörden.

Den Ergebnissen der repräsentativen Umweltbewusstseinsstudie 2012 zufolge sind knapp 40 % der Befragten über das richtige Verhalten im Katastrophenfall informiert, weitere 10 % möchten dies zukünftig nachholen. Zwar geben die Zahlen keine Auskunft darüber, wie intensiv sich die Befragten mit den unterschiedlichen Gefahren und möglichen Verhaltensweisen auseinander gesetzt haben, sie zeigen aber, dass annähernd die Hälfte der Befragten den Bedarf für solche Informationen sieht. Bei der Interpretation der Zahlen ist auch zu berücksichtigen, dass nicht alle Bürgerinnen und Bürger wetter- und witterungsbedingten Naturgefahren in gleichem Umfang ausgesetzt sind. So treten Sturmfluten oder Hochwasser entlang der Küsten bzw. von Flussläufen auf, andere Gebiete sind hiervon nicht oder deutlich seltener und in geringerem Umfang betroffen. Gefahren wie Hitze, Starkregen oder Winterstürme sind räumlich allerdings weniger konzentriert. Auch wenn der Informationsbedarf insgesamt unterschiedlich ist, wäre wegen der teilweise flächenhaften Ausdehnung der Gefahren und angesichts der hohen Mobilität der deutschen Bevölkerung eine weiter verbreitete Kenntnis über die grundlegenden Verhaltensregeln in Notfallsituationen wünschenswert.



Die Pflege und Entwicklung allgemeiner Fähigkeiten wie der Ersten Hilfe ist Teil der persönlichen Vorsorge.  
(Foto: Lisa F. Young / fotolia.com)

## Schnittstellen

BS-R-2: Vorsorge in der Bevölkerung

FiW-I-3: Betroffenheit durch Stürme und Hochwasser

## Ziele

Weiterentwicklung der Risikokommunikation mit Bürgerinnen und Bürgern; Unterstützung von Vorsorgemaßnahmen; Verbesserungen im Hinblick auf die zeitnahe, eindeutige und effektive Warnung und Information der Bevölkerung und auf den gesundheitlichen Bevölkerungsschutz. (DAS, Kap. 3.2.14)

Weitgehende Reduzierung der Folgen von gravierenden Störungen und Ausfällen Kritischer Infrastrukturen durch (...) eine wirkungsvolle Selbsthilfekapazität der unmittelbar Betroffenen (Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen, Kap. 5)

## Eigenvorsorge für Notfallsituationen

Für den Selbstschutz ist nicht nur die Fähigkeit wichtig, sich und anderen schnell und zielgerichtet helfen zu können. Die Bürgerinnen und Bürger können durch geeignete Maßnahmen in ihrem persönlichen Umfeld auch in vielfältiger Weise Vorsorge gegen die Folgen von Wetter- und Witterungssituationen wie Hitzeperioden, Stürmen oder Starkregen treffen und dadurch Schlimmerem vorbeugen. Manche dieser Maßnahmen erfolgen mehr oder weniger unbewusst als Teil der täglichen Lebensführung. Hierzu gehören u. a., sportliche Anstrengungen bei übermäßiger Hitze zu vermeiden, temperaturangepasste Kleidung am Arbeitsplatz und zu Hause zu tragen, ausreichend Flüssigkeit an heißen Tagen zu sich zu nehmen oder auch unnötige Fahrten bei Risikowetterlagen zu vermeiden.

Sind diese Maßnahmen noch sehr selbstverständlich, ist es die Vorsorge für Notlagen in deutlich geringerem Maße. In Deutschland funktioniert die Versorgung mit den grundlegenden Gütern und Dienstleistungen wie

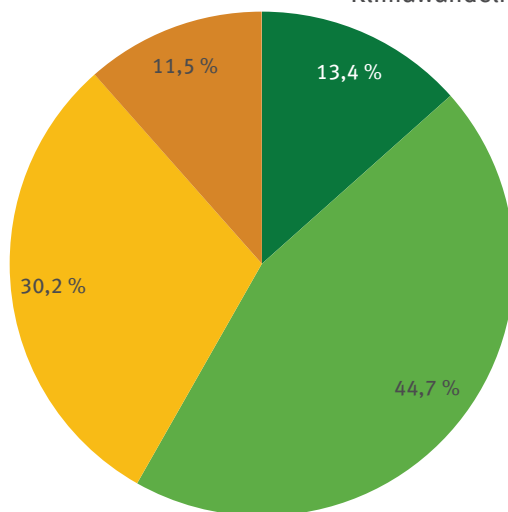
Lebensmitteln, Wasser, Strom und Telekommunikation auf einem hohen Niveau. Die Bürgerinnen und Bürger können sich in aller Regel auf die zugrunde liegende Logistik und Infrastruktur verlassen. Die Kehrseite der Medaille: Da schlechte Erfahrungen mit der Versorgung in Deutschland glücklicherweise selten sind, ist die Bevölkerung insgesamt weniger auf Ausnahmesituationen vorbereitet. Notvorräte von Wasser, Lebensmitteln, Kerzen oder Batterien, die vor wenigen Jahrzehnten noch selbstverständlich waren, legen heute nur noch vergleichsweise wenige Haushalte an.

Schon durch diese zumeist einfachen Vorsorgemaßnahmen können Bürgerinnen und Bürger aber dazu beitragen, dass extreme Situationen für sie persönlich keinen katastrophalen Verlauf nehmen. Hauseigentümer können zudem bauliche Maßnahmen zum Schutz der eigenen vier Wände vor wetter- und witterungsbedingten Risiken wie Hochwasser und Sturzfluten, Sturm, Hagel oder auch Hitze ergreifen.

### BS-R-2: Vorsorge in der Bevölkerung

Eine Mehrheit der Befragten (59 Prozent) fühlt sich bereits heute ausreichend über die sie betreffenden Folgen des Klimawandels informiert. 58 Prozent meinen, dass sie selbst genügend Vorsorgemaßnahmen ergreifen.

Einschätzung des persönlichen Vorsorgeverhaltens gegen Risiken von Klimawandelfolgen im Jahr 2012



Ich denke, dass ich in ausreichendem Umfang persönliche Vorsorgemaßnahmen treffe.

- voll und ganz
- eher
- eher nicht
- überhaupt nicht

Ich fühle mich über die Risiken, die für mich persönlich mit den Folgen des Klimawandels verbunden sind, ausreichend informiert: 59,0 %

Datenquelle: BMUB & UBA (Umweltbewusstsein in Deutschland 2012)

Für den Bevölkerungsschutz spielt die Vorsorge von Bürgerinnen und Bürger mit ihren verschiedenen Facetten eine wichtige Rolle. Wer Vorsorge getroffen hat, benötigt weniger Hilfeleistung, kann möglicherweise die Einsatzkräfte bei deren Arbeit entlasten und selbst Hilfe leisten. Nach den Ergebnissen der Umweltbewusstseinsstudie 2012 fühlt sich eine Mehrheit der Befragten (59 %) bereits heute ausreichend über die sie betreffenden Folgen des Klimawandels informiert und meint, dass sie selbst in ausreichendem Maß Vorsorgemaßnahmen treffen (58 %). Einschränkend ist dabei zu berücksichtigen, dass diesem Ergebnis ein subjektives Verständnis von Risikoinformation und Vorsorge zugrunde liegt und nicht eingeschätzt werden kann, ob die Befragten tatsächlich im notwendigen Maß für Notlagen vorsorgen.

Das Ergebnis bedeutet im Übrigen auch, dass über 40 % der Befragten ihren Informationsstand und die eigenen Vorsorgemaßnahmen als nicht ausreichend erachten. Das gestiegene Risikobewusstsein in Folge der Flutkatastrophe des Frühsommers 2013 kann hier eine Gelegenheit eröffnen, durch Öffentlichkeitsarbeit und gezielte Informationsverbreitung den Selbstschutz der Bevölkerung weiter zu verbessern.



Im Notfall autark – in die Vorratshaltung gehören neben Lebensmitteln auch Trinkwasser, Medikamente, Batterien, Kerzen und vieles mehr.

(Foto: Konstanze Schönthaler / Bosch & Partner GmbH)

## Schnittstellen

BS-R-1: Information zum Verhalten im Katastrophenfall

## Ziele

Weitgehende Reduzierung der Folgen von gravierenden Störungen und Ausfällen Kritischer Infrastrukturen durch (...) eine wirkungsvolle Selbsthilfekapazität der unmittelbar Betroffenen (Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen, Kap. 5)

## Übungen – Trainieren für den Ereignisfall

Regelmäßige Übungen der Einsatzkräfte schaffen die Basis dafür, in extremen Situationen richtig agieren und zielgenaues Krisenmanagement betreiben zu können. Sie befähigen die Einsatzkräfte sowohl bei der Organisation und Koordination als auch bei der direkten Hilfe vor Ort zum richtigen Handeln. Ein spezieller Klimabezug der Übungen ist dabei keine Voraussetzung, um sich auf Klimawandelfolgen vorzubereiten, denn die möglichen Ereignisse werden nicht grundsätzlich anders geartet sein als bisher. Die Bewältigung von Starkregenfällen und Stürmen, aber auch von Hochwasserereignissen oder Hitzeperioden und deren Folgen ist seit jeher eine Kernaufgabe des Bevölkerungsschutzes. Neue Anforderungen können vor allem daraus entstehen, dass diese Ereignisse zukünftig häufiger und intensiver auftreten und sich möglicherweise auch in zunehmendem Maße zeitlich überlagern.

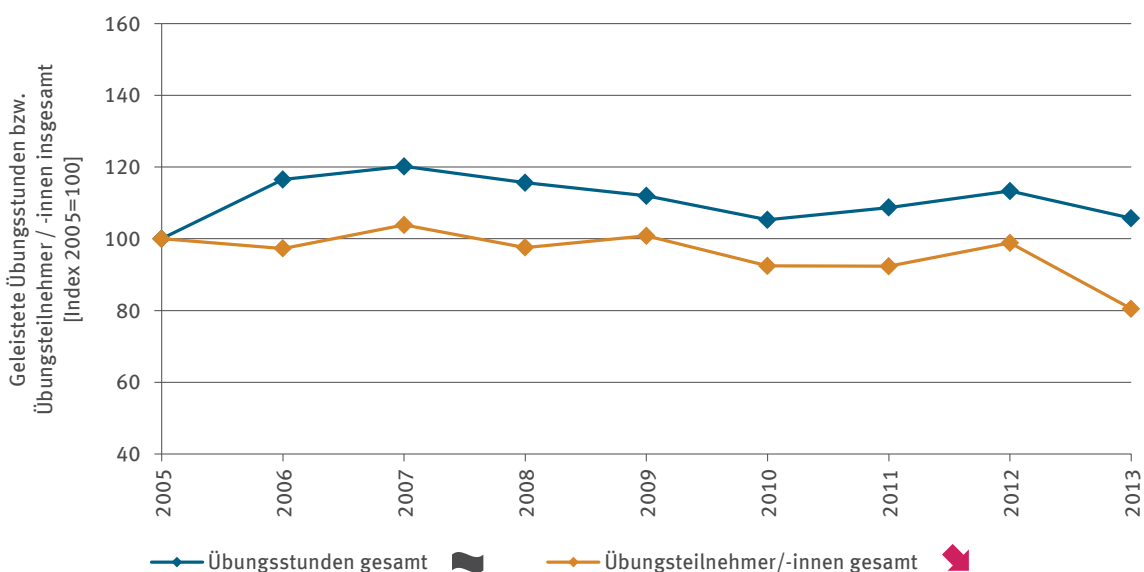
Übungen des Bevölkerungsschutzes können im Grundsatz auf zwei verschiedene Arten durchgeführt werden,

als sogenannte Vollübung mit realisiertem Übungsszenario oder als Stabsrahmenübung. Letztere sollen insbesondere dazu beitragen, Kommunikationsstrukturen zu überprüfen und die Katastrophenschutzbehörden auf den Ernstfall vorzubereiten. Denn in der Nachbetrachtung von Einsätzen und Übungen wird oft deutlich, dass Verbesserungsbedarf des Bevölkerungsschutzes vor allem in der organisationsübergreifenden Kommunikation und Koordination liegen kann. Auch deshalb werden Übungen des Bevölkerungsschutzes i. d. R. so angelegt, dass Einheiten aus verschiedenen Regionen und ggf. mit verschiedenen Spezialisierungen z. B. hinsichtlich ihrer Materialausstattung gemeinsam üben können.

Die Häufigkeit von und die Teilnahme an Übungen unterliegen dabei verschiedenen Einflussfaktoren. Mitunter kommt es zu einem geringeren Übungsgeschehen, ohne dass die Leistungsfähigkeit der Einsatzkräfte darunter leidet. So kann in Jahren mit einer erhöhten Einsatzhäufigkeit die Zahl der Übungsteilnehmer und -stunden

### BS-R-3: Übungsgeschehen

In der Regel kann das Technische Hilfswerk auch in Hochwasserjahren wie 2006 und 2010 sein Übungspensum zeitlich und personell in einem adäquaten Umfang absolvieren. Im Jahr 2013 hat sich die starke Einsatzbelastung durch die frühsummerlichen Hochwasser in einer vergleichsweise niedrigen Beteiligung am Übungsgeschehen niedergeschlagen.



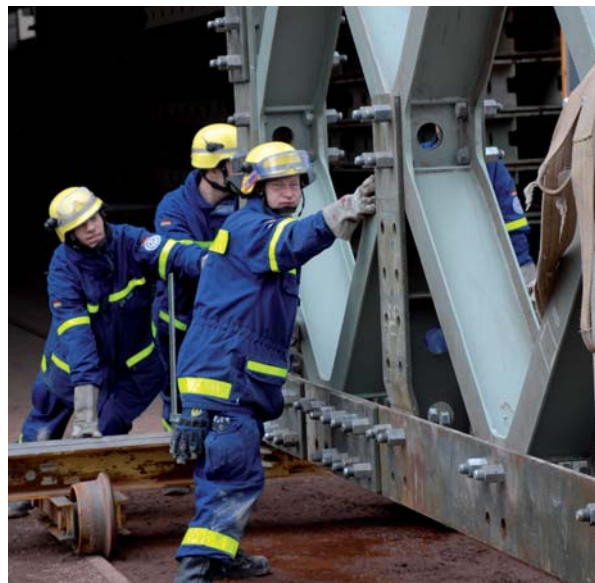
Datenquelle: Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (Übungsstatistik)

rückläufig sein, weil den Helferinnen und Helfern die Zeit zur Teilnahme fehlt oder man ihnen die notwendigen Ruhephasen ermöglichen muss. Die nicht in Übungen erworbene Routine wird dann durch die Erfahrungen aus den Einsätzen kompensiert.

Ein Hindernis für die Teilnahme an Übungen ist zunehmend die mangelnde Bereitschaft von Arbeitgebern, die ehrenamtlichen Helferinnen und Helfer des Technischen Hilfswerks (THW) oder anderer Hilfsorganisationen für die Dauer der Übung freizustellen. In Jahren mit hohen Einsatzzahlen wird mitunter auch deswegen auf die Teilnahme an Übungen verzichtet, um keine zusätzlichen Freistellungen von Seiten der Arbeitgeber erforderlich zu machen.

In den Jahren seit 2005 nimmt die Teilnehmerzahl an Übungen signifikant ab. Durchschnittlich beteiligten sich etwa 19.000 Haupt- und Ehrenamtliche an den Übungen des THW. Deutlich unterdurchschnittlich war die Teilnehmerzahl im Jahr 2013 mit ca. 16.000 Personen. Ursache hierfür war die starke Einsatzbelastung durch die frühsummerlichen Hochwasser in den Einzugsgebieten von Donau und Elbe. Die Zahl der geleisteten Übungsstunden schwankte im betrachteten Zeitraum zwischen ca. 330.000 und 400.000 Stunden und konnte auch im Jahr 2013 auf dem Niveau der Vorjahre gehalten werden.

Auch die anderen Organisationen, die Aufgaben im Bevölkerungsschutz übernehmen, beteiligen sich an Übungen und bereiten sich so ebenfalls auf die Bewältigung von wetter- und witterungsbedingten Extremereignissen vor. Rückschlüsse auf das Übungsgeschehen der anderen Organisationen lassen die Zahlen des THW aber nicht zu.



Damit im Ernstfall jeder Handgriff sitzt, üben die Einsatzkräfte regelmäßig für unterschiedlichste Szenarien. (Foto: THW / Stefanie Grewe)

## Schnittstellen

BS-I-1: Einsatzstunden bei wetter- und witterungsbedingten Schadenereignissen

## Ziele

Anpassung des bestehenden effektiven Krisenmanagements und der Notfallvorsorge an aktuelle Erfordernisse und künftige Entwicklungen wie den Klimawandel (DAS, Kap. 3.2.14)

## Gehen uns die (Einsatz-)Kräfte aus?

Für den Bevölkerungsschutz in Deutschland ist das Ehrenamt die maßgebliche Stütze: Rund 1,7 Millionen ehrenamtliche Helferinnen und Helfer engagieren sich in den verschiedenen Hilfsorganisationen. Beim Technischen Hilfswerk (THW) üben ca. 99 % der Angehörigen ihre Tätigkeit ehrenamtlich aus. Rund 95 % der Feuerwehrmitglieder in Deutschland sind in Freiwilligen Feuerwehren organisiert. Die im Bevölkerungsschutz eingebundenen Akteure betonen daher regelmäßig, dass ohne die Bereitschaft zur ehrenamtlichen Mitarbeit in den Organisationen die Einsatzfähigkeit der Einheiten bedroht ist.

Auch für die weitere Entwicklung des Bevölkerungsschutzes mit Blick auf den Klimawandel ist ein zumindest stabiler Bestand an haupt- und ehrenamtlichen Helferinnen und Helfern notwendig. Nicht nur, weil sich durch die erwarteten Änderungen der klimatischen Rahmenbedingungen möglicherweise mehr und längere Einsätze und damit höhere Belastungen ergeben können, sondern

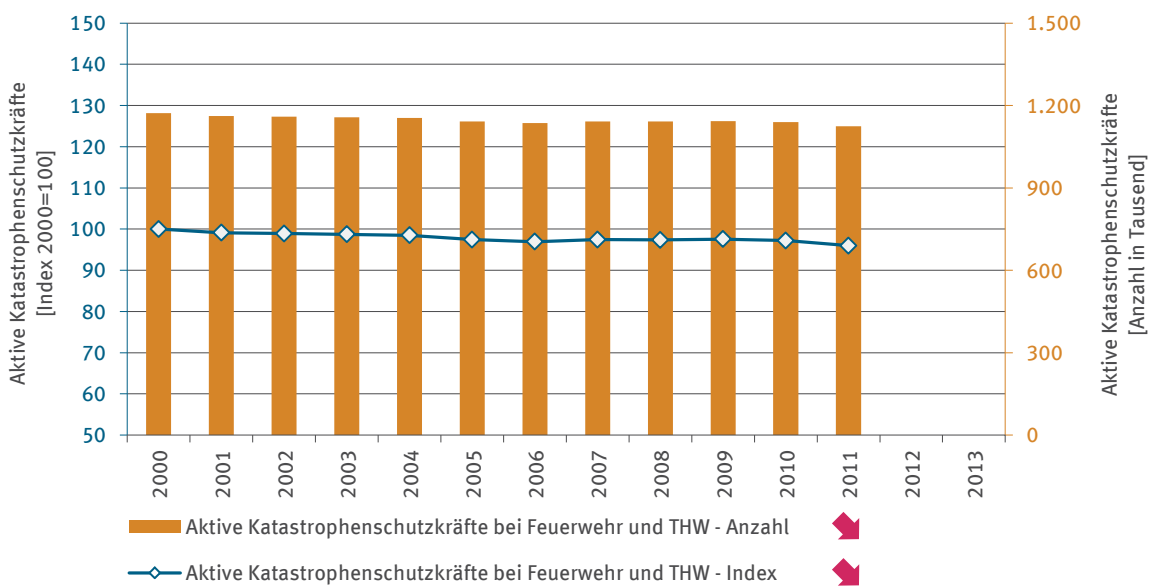
auch, weil die Verfügbarkeit von Einsatzkräften z. B. wegen der gesundheitlichen Auswirkungen von Hitzewellen eingeschränkt ist.

Betrachtet man die Entwicklung der Jahre von 2000 bis 2011, so ist ein signifikanter Rückgang der aktiven Einsatzkräfte bei THW und Feuerwehren zu verzeichnen. Ihre Zahl ging in diesem Zeitraum um etwa 50.000 von etwa 1,17 Millionen auf 1,12 Millionen Aktive zurück. Der Rückgangstrend spiegelt vor allem die negative Entwicklung bei den Freiwilligen Feuerwehren wider. Während Berufsfeuerwehren sowie Werks- und Betriebsfeuerwehren steigende oder zumindest konstante Mitgliederzahlen vorweisen, zählen die Freiwilligen Feuerwehren 2011 rund 46.000 weniger Ehrenamtliche als noch zehn Jahre zuvor.

Die Mitgliedszahlen in den Jugendfeuerwehren lagen in den letzten Jahren ebenfalls auf einem eher niedrigen Niveau. Die Zahl der aktiven Helferinnen und Helfer

### BS-R-4: Aktive Katastrophenschutz Helfer

Die Zahl der Einsatzkräfte war im Zeitraum von 2000 bis 2011 signifikant rückläufig, vor allem wegen eines Rückgangs der Mitgliederzahlen bei den Feuerwehren. Das wachsende Engagement weiblicher Einsatzkräfte, dem auch mit Blick auf die ausgesetzte Wehr- und Zivildienstpflicht immer mehr Bedeutung zukommt, kann den Rückgang an männlichen Freiwilligen nur teilweise abfedern.



Datenquelle: Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (Helferstatistik), Deutscher Feuerwehrverband e.V. (Feuerwehr-Statistik)

beim THW liegt im Vergleich zu den Feuerwehren um ein Vielfaches niedriger und beeinflusst die Gesamtentwicklung daher in geringerem Maße, auch sie ging aber in den vergangenen Jahren deutlich zurück: Lag die Zahl der aktiven THW-Helferinnen und -Helfer im Mittel der Jahre 2000 bis 2010 noch bei ca. 41.500 Personen, wurden danach nur noch knapp 39.000 Aktive gezählt. Auf mangelnden Nachwuchs ist die Entwicklung indes nicht zurückzuführen. Die Mitgliedszahlen bei der THW-Jugend sind in den letzten Jahren auf hohem Niveau stabil.

Es sind verschiedene Entwicklungen, die den Rückgang der Mitgliederzahlen bedingen. Neue Herausforderungen entstanden für die im Bevölkerungsschutz tätigen Organisationen etwa durch die Aussetzung der Wehrpflicht seit dem Jahr 2011. Der Wehersatzdienst in Einheiten des Bevölkerungsschutzes hatte insbesondere für das THW und die Feuerwehren eine wichtige Bedeutung für die Rekrutierung von Helfern in der Altersgruppe der 20- bis 25-Jährigen. Beispielsweise sind für die Sicherung des Bestands an Einsatzkräften beim THW jährlich etwa 5.200 neue Helferinnen und Helfer notwendig. Bis zum Jahr 2011 konnten hiervon jährlich 2.500 Helfer über die Freistellung vom Wehrdienst verpflichtet werden.

Auch die Auswirkungen des demografischen Wandels auf den Bevölkerungsschutz sind unübersehbar. Die Veränderungen in der Alterspyramide reduzieren den Pool an potenziellen Helferinnen und Helfern ebenso wie die zunehmende Konzentration der Bevölkerung in den Städten. Vor allem in dünn besiedelten ländlichen Bereichen mit einer vergleichsweise älteren Bevölkerung können trotz einer im Vergleich zu den Städten höheren Bereitschaft zu bürgerschaftlichem Engagement personelle Engpässe entstehen. Verschiedene Studien beurteilen die Zukunft diesbezüglich sehr kritisch und werfen die Frage auf, wie die bestehenden Strukturen fortgeführt werden und verlässlich funktionieren können.

Um die ehrenamtlichen Strukturen des Bevölkerungsschutzes und eine ausreichende Zahl an Helferinnen und Helfern zu erhalten, wollen sich die im Bevölkerungsschutz tätigen Organisationen z. B. stärker um die Einbeziehung von Menschen mit Migrationshintergrund bemühen oder auch Senioren nach ihren Möglichkeiten einbinden. Zumindest ist es in den letzten Jahren schon gelungen, den Frauenanteil bei den eher technisch ausgerichteten Organisationen zu steigern: Bei den Feuerwehren sind heute 25.000 Frauen mehr aktiv als im Jahr 2000, beim THW stieg die Zahl der aktiven Helferinnen seither um 3.000 Frauen.



Eine ausreichende Zahl an Einsatzkräften ist erforderlich, um für möglicherweise wachsende Einsatzanforderungen und -belastungen gewappnet zu sein.

(Foto: Konstantin Wamser / THW Ortsverband Schwabmünchen)

Darüber hinaus eröffnen gesellschaftliche und technische Entwicklungen aber auch neue Wege. So wurde beispielsweise während des Juni-Hochwassers 2013 in vielen betroffenen Gebieten Hilfe schnell und unbürokratisch über soziale Netzwerke organisiert. Möglicherweise lässt sich so die nach wie vor bestehende Bereitschaft zu Engagement und Hilfeleistung, die sich aber weniger als früher in festen Strukturen binden möchte, auch für den Bevölkerungsschutz nutzen.

## Schnittstellen

BS-I-1: Einsatzstunden bei wetter- und witterungsbedingten Schadenereignissen

## Ziele

Anpassung des bestehenden effektiven Krisenmanagements und der Notfallvorsorge an aktuelle Erfordernisse und künftige Entwicklungen wie den Klimawandel (DAS, Kap. 3.2.14)



© Dr. Klaus-Uwe Gerhardt / pixelio.de

# Handlungsfeldübergreifende Aktivitäten des Bundes



Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist eine Herausforderung, der sich die Handelnden in nahezu allen Bereichen des gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Lebens in den nächsten Jahren stellen müssen. Die Auswirkungen des Klimawandels und bereits begonnene Aktivitäten in den einzelnen Handlungsfeldern der DAS sind in den vorangegangenen Kapiteln dargestellt und erläutert worden. Neben informativen und planerischen Maßnahmen wurden dabei auch konkrete operative Aktivitäten und deren Finanzierung angesprochen. Es wird deutlich, dass der Anpassungsprozess auf den Schultern einer Vielzahl unterschiedlicher Akteure im staatlichen und nicht-staatlichen Umfeld ruht. Der Bund hat abhängig vom jeweiligen Handlungsfeld im föderalen System unterschiedliche Aufgaben und Möglichkeiten, den Anpassungsprozess zu unterstützen und Entwicklungen zu steuern.

Einen Überblick über ihre spezifischen Aufgaben im Anpassungsprozess hat die Bundesregierung 2011 im Aktionsplan Anpassung gegeben. Dabei werden die notwendigen Aktivitäten in drei nationale handlungsfeldübergreifende strategische Säulen gegliedert. Zunächst besteht eine wichtige Aufgabe des Bundes darin, Wissen über den Klimawandel und die Erfordernisse des Anpassungsprozesses bereitzustellen, Bürgerinnen und Bürger und wichtige Akteure zu informieren und auf diese Weise in die Lage zu versetzen, gezielt reagieren zu können. Weitere Handlungsmöglichkeiten des Bundes ergeben sich über bundesweite Rahmensetzungen beispielsweise in Form rechtlicher Regelungen, Normungen oder über die Weiterentwicklung von Förderprogrammen. Teilweise kann der Bund auch im Bereich seiner eigenen Liegenschaften selbst vorbildhafte Anpassungsmaßnahmen umsetzen. Dies gilt beispielsweise für die staatlichen Gebäude und Infrastrukturen oder auch für den Bundeswald. Entsprechende Aktivitäten sind im Zusammenhang mit den Handlungsfeldern bereits angesprochen worden.

Ergänzt werden die drei nationalen Säulen durch eine Säule für internationale Vorhaben und Aktivitäten der Bundesregierung, denn nicht zuletzt übernimmt der Bund auch internationale Verantwortung. Relevante Politikmaßnahmen werden dabei unter anderem im Rahmen des als Teil der UN-Klimarahmenkonvention beschlossenen „Adaptation Framework“ gebündelt.

## Anpassungen

Beherrschbarkeit von Klimawandelfolgen (HUE-1) ....	234	Internationale Klimafinanzierung zur	
Nutzung von Warn- und Informationsdiensten		Anpassung (HUE-5) .....	242
(HUE-2).....	236		
Bundeszuwendungen zur Förderung von			
Forschungsprojekten zu Klimawandelfolgen und			
Anpassung (HUE-3) .....	238		
Klimawandelanpassung auf kommunaler			
Ebene (HUE-4) .....	240		

## Bekommen wir die Klimawandelfolgen in den Griff?

Die Verfügbarkeit und der Zugang zu möglichst belastbaren Abschätzungen der künftigen Klimaänderungen und der damit verbundenen Folgen sind eine wesentliche Voraussetzung, für angemessene politische, administrative, betriebliche und private Entscheidungen und entsprechendes Handeln.

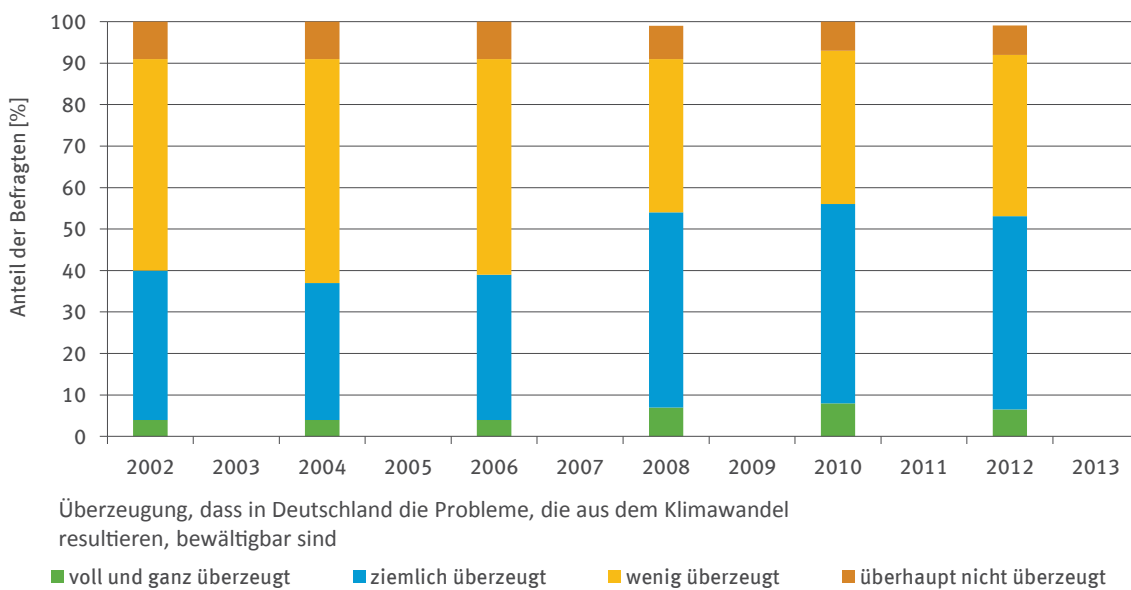
Die Bundesregierung sieht es als eine ihrer zentralen Aufgaben, für eine solche ausreichende Informationsbereitstellung zu sorgen und Betroffenen und Entscheidungshilfen überzeugend darzustellen. Ob die bereitgestellten Informationen letztendlich aber auf das Interesse der relevanten gesellschaftlichen Akteure stoßen und diese motivieren, rational und zielführend tätig zu werden, hängt in erheblichem Umfang von deren Problemwahrnehmung ab. Nur wenn ein breiter gesellschaftlicher Konsens besteht, dass der Klimawandel eine ernst zu nehmende Herausforderung darstellt, wird es auch in Deutschland flächendeckend zur Konzeption und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen kommen.

Das Wissen, wie der Klimawandel und seine Folgen in der Gesellschaft wahrgenommen und bewertet werden, ist für den Bund eine wichtige Grundlage, um seine Informationspolitik angemessen ausgestalten und seine Förderaktivitäten zielführend ausrichten zu können. Diese gesellschaftliche Bewertung der Problematik ist dabei Resultat vieler und mitunter komplex zusammenwirkender Faktoren. Entscheidend sind unter anderem die persönliche Risikoeinschätzung, der individuelle Informationsstand über Ursachen, Folgen und Handlungsmöglichkeiten, das Vertrauen in die staatliche Handlungsfähigkeit sowie die von der privaten und beruflichen Lebenssituation abhängigen Handlungsspielräume des Einzelnen.

In der im Auftrag des Umweltbundesamts zweijährlich durchgeführten repräsentativen Bevölkerungsumfrage „Umweltbewusstsein in Deutschland“ sind mehrere Fragen enthalten, die Rückschlüsse zu den Einschätzungen der befragten Bürgerinnen und Bürger bezüglich

### HUE-1: Beherrschbarkeit von Klimawandelfolgen

Seit dem Jahr 2008 ist mehr als die Hälfte der im Rahmen einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage befragten Bürgerinnen und Bürger der Meinung, dass die Klimawandelfolgen in Deutschland zu bewältigen sind. Der Optimismus ist seit 2002 eher gestiegen, wobei eine statistisch abgesicherte Trendaussage noch nicht möglich ist.



Datenquelle: BMUB & UBA (Umweltbewusstsein in Deutschland 2012)

der Klimawandelfolgen zulassen. Dabei zeigt sich unter anderem, dass eine deutliche Mehrheit der deutschen Bevölkerung die möglichen zukünftigen Folgen des Klimawandels nicht als Bedrohung und Beeinträchtigung des eigenen Lebens ansieht. Vor allem die Jüngeren bis 29 Jahre fühlten sich in der Umfrage im Jahr 2012 nicht oder nur sehr wenig von den Folgen des Klimawandels betroffen. Gleichzeitig fühlte sich mit fast 60 % die Mehrheit der Befragten bereits heute ausreichend über die Folgen des Klimawandels informiert und meinte, dass sie selbst genügend Vorsorgemaßnahmen ergreift.

Seit dem Jahr 2002 ist im Fragenkatalog der Umweltbewusstseinsstudie auch die Frage enthalten, inwieweit die Befragten davon überzeugt sind, dass wir in Deutschland die Probleme, die aus dem Klimawandel resultieren, bewältigen können. Die Ergebnisse zu dieser Frage sind der nebenstehenden Grafik zugrunde gelegt. Für die zurückliegenden Jahre lässt sich zwar noch keine Trendaussage treffen. Trotzdem ist festzustellen, dass bis zum Jahr 2006 die Mehrheit der Befragten noch wenig bis überhaupt nicht von der Bewältigbarkeit der Klimawandelfolgen überzeugt war, während sich ab 2008 ein anderes Mehrheitsverhältnis eingestellt hat und die Einschätzungen optimistischer sind. Im Jahr 2012 waren immerhin 53,1 % der Überzeugung, dass sich die Klimawandelfolgen in Deutschland bewältigen lassen.

Möglicherweise liegt ein Grund für diese nun positivere Einschätzung darin, dass der Stellenwert der Klimawandelanpassung in der politischen und gesellschaftlichen Debatte höher ist als in früheren Jahren, in denen der Klimaschutz und die Minderung von Treibhausgasen im fast alleinigen Fokus der Diskussionen stand. Mit der stärkeren Wahrnehmung von Anpassung hat sich auch die Auseinandersetzung mit Anpassungsmaßnahmen intensiviert, und vor allem der Staat wird ggf. stärker als Handelnder wahrgenommen. Gleichzeitig kann eine Rolle spielen, dass die Auswirkungen des Klimawandels für Deutschland angesichts der katastrophalen Unwetterereignisse in anderen Kontinenten relativiert werden. Nicht auszuschließen sind jedoch auch Effekte psychologischer Verdrängungsprozesse. Letztendlich ist eine eindeutige Interpretation der veränderten Einschätzungen derzeit nicht möglich.



Die Klimawandelfolgen im Griff zu behalten, ist eine Herausforderung. (Foto: S. Hofschlaeger / pixelio.de)

### Schnittstellen

FiW-I-3: Betroffenheit durch Stürme und Hochwasser  
BS-R-2: Vorsorge in der Bevölkerung

### Ziele

Verbesserung der Wissensbasis, um Chancen und Risiken besser benennen und vermitteln sowie Handlungsmöglichkeiten aufzeigen zu können (DAS, Kap. 3.2.4)

## Öffentlichkeitsinformation – wichtige Aufgabe des Bundes

Ein zentrales Instrument der Öffentlichkeitsinformation des Bundes sind Warn- und Informationssysteme, die die Bevölkerung über grundlegende Risiken informieren und bevorstehende kritische Ereignisse ankündigen. Es liegt im Interesse des Bundes, dass diese Systeme so intensiv wie möglich von der Bevölkerung genutzt werden und dass ihr Bekanntheitsgrad steigt.

Auf Bundesebene sind verschiedene Warn- und Informationssysteme verfügbar, die im Zusammenhang mit klimabedingten Veränderungen der Risiken und Belastungssituation stehen. Der Hitzewarndienst wurde vom Deutschen Wetterdienst (DWD) im Jahr 2005 eingerichtet und spricht auf Land- bzw. Warnkreisebene täglich bei Erreichen definierter Schwellenwerte Hitze警告ungen für den aktuellen und den folgenden Tag aus. Die allgemeine Öffentlichkeit kann die Warnungen über das Internet abrufen. Über dieses Portal warnt der DWD außerdem vor weiteren markanten und extremen Wetterereignissen wie u. a. Stürmen, Starkregen oder Gewittern. Der

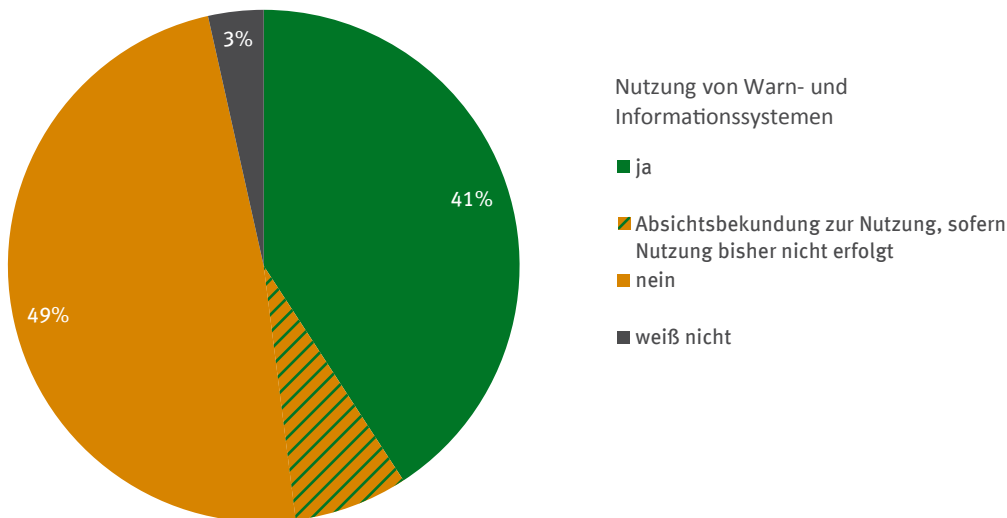
DWD betreibt darüber hinaus mit der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst (PID) den Polleninformationsdienst. Er bietet Vorhersagen des Flugs der allergologisch wichtigsten Blütenpollen: Die Informationen zum aktuellen und vorhersehbaren Belastungsrisiko sind über das Internet zugänglich. Alternativ kann auch ein Newsletter abonniert werden, durch den die Abonnenten im Falle einer Belastung eine direkte Warnung erfahren.

Nur indirekt mit dem Klimawandel verbunden sind die gesundheitlichen Gefahren durch Ozon und UV-Strahlung. Es könnten im Zuge der Klimaveränderungen vermehrt Witterungskonstellationen auftreten, die die Bildung bodennahen Ozons fördern. Im globalen Kontext werden auch Folgen für die stratosphärische Ozonschicht diskutiert, die Auswirkungen auf die Intensität der UV-Strahlung auch in unseren Breiten haben können. Prognosen zum bodennahen Ozon liefert das Internetangebot des Umweltbundesamtes (UBA). Aus dem deutschlandweiten solaren UV-Monitoring Messnetz generiert das

### HUE-2: Nutzung von Warn- und Informationsdiensten

Warn- und Informationsdienste des Bundes und der Länder wurden 2012 von fast der Hälfte der Bevölkerung in Anspruch genommen. Nicht einmal jeder Siebente aller bisherigen Nicht-Nutzer hat in der repräsentativen Umfrage die Absicht bekundet, die Dienste künftig zu nutzen.

Nutzung von Warn- und Informationssystemen im Jahr 2012



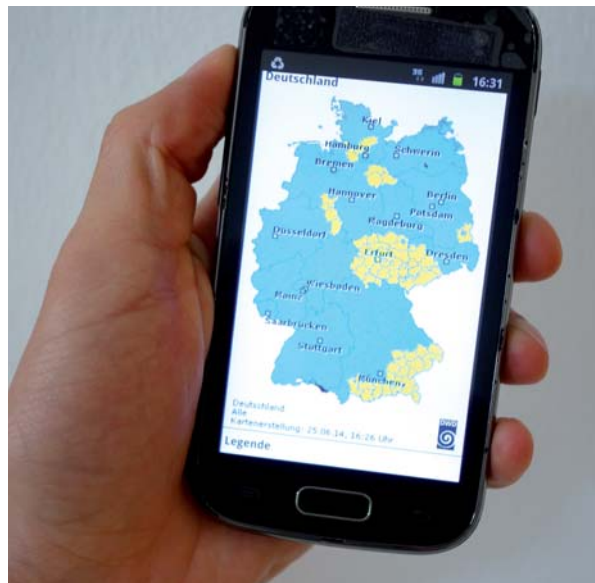
Datenquelle: BMUB & UBA (Umweltbewusstsein in Deutschland 2012)

Bundesamt für Strahlenschutz in Kooperation mit dem UBA Informationen zur tagesaktuellen UV-Strahlenbelastung. UV-Warnungen sind darüber hinaus auch Warngegenstand des DWD.

Die bereits seit vielen Jahren betriebenen Hochwasserwarn- oder -informationsdienste der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, die aktuelle Pegelstände für die Bundeswasserstraßen zur Verfügung stellen, genießen bei extremen Wasserstandentwicklungen eine stark erhöhte Aufmerksamkeit. Gleiches gilt für das von den Ländern betriebene gemeinsame Hochwasserportal, über das die Länder für die Gewässer in ihrem Zuständigkeitsbereich tagesaktuelle Daten zu Hochwasserwarnungen bereitstellen. Einen kleineren Adressatenkreis hat der Sturmflutwarndienst, der vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie betrieben wird und über Wasserstände an Pegeln der Nord- und Ostseeküste berichtet.

Weitere existierende Warn- und Informationsdienste, die auf Ereignisse gerichtet sind, die sich mit dem Klimawandel in Zusammenhang bringen lassen, sind vor allem für ausgewählte Berufsgruppen, Unternehmen oder Verwaltungen von Interesse. Hierzu gehören beispielsweise die Pflanzenschutzdienste der Länder, die das Auftreten von Schadorganismen prognostizieren und integrierte Pflanzenschutzmaßnahmen empfehlen, oder auch die Niedrigwasser-Informationsdienste.

In der repräsentativen Bevölkerungsumfrage „Umweltbewusstsein in Deutschland“ wird seit 2012 auch nach der Nutzung von Warn- und Informationsdiensten gefragt. Beispielfähig wird dabei auf den Polleninformationsdienst, die Hitzewarndienste sowie die Hochwasserwarn- oder -informationsdienste hingewiesen. In der Umfrage 2012 gaben 41 % aller Befragten an, dass sie Warn- und Informationsdienste nutzen. 56 % nutzten diese Dienste bisher nicht. Aussagen zur Entwicklung des Nutzungsinteresses werden sich erst nach weiteren Wiederholungen der Befragung treffen lassen. Zu erwarten ist jedoch, dass mit der zunehmenden Nutzung von Smartphones auch die Nutzung von Warndiensten zunimmt, da diese dann auch spontan und unterwegs abrufbar sind. Außerdem werden inzwischen auch vermehrt Apps angeboten.



Auf viele Warn- und Informationsdienste kann man mit einem internet-fähigen Mobiltelefon auch von unterwegs zugreifen. (Foto: Stefan v. Andrian-Werburg / Bosch & Partner GmbH)

## Schnittstellen

- GE-R-1: Hitzewarndienst
- GE-R-2: Erfolge des Hitzewarndienstes
- GE-R-3: Information zu Pollen

## Ziele

Gut funktionierende Frühwarnsysteme vermindern die Gefahren für gesundheitliche Folgen. (DAS, Kap. 3.2.1)

Prüfung, ob aus den klimabedingten Veränderungen Anpassungen der Vorhersage- und Warndienste in der Seeschifffahrt notwendig werden (DAS, Kap. 3.2.11)

## Förderung von Forschung und Entwicklung zu Klimawandelfolgen und Anpassung

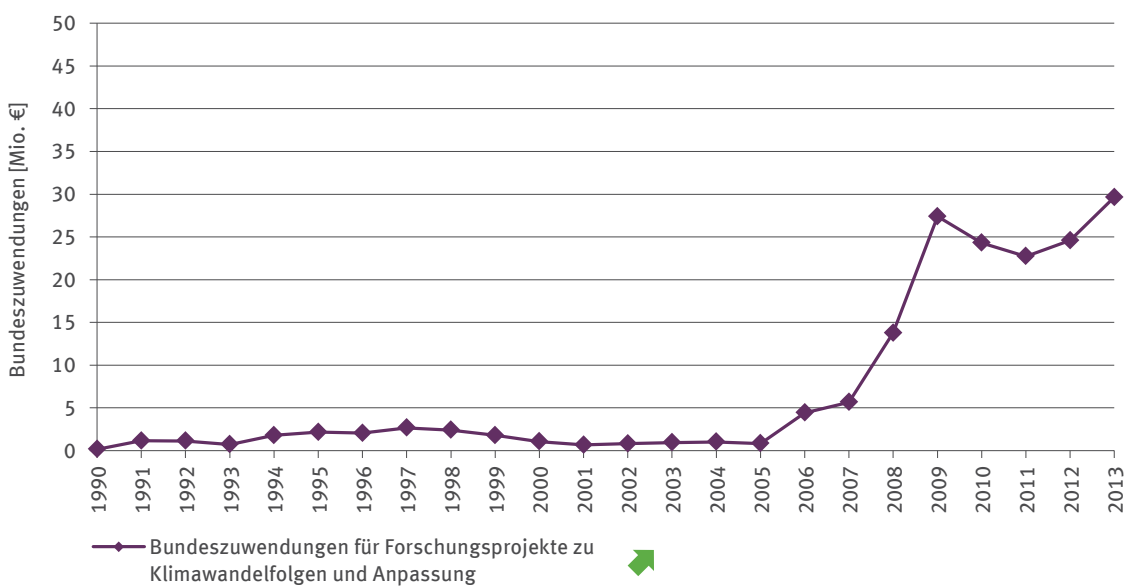
Bereits heute müssen bei vielen langfristig wirkenden Entscheidungen die möglichen Folgen des Klimawandels und die zukünftigen klimatischen Verhältnisse mitbedacht und berücksichtigt werden. Planungen und Projekte der öffentlichen Hand, z. B. Infrastrukturprojekte wie der Aus- oder Neubau von Straßen- und Schienenwegen oder die Weiterentwicklung der Binnenschiffahrtsstraßen, die Errichtung neuer Stromtrassen, Hochwasserschutzmaßnahmen, die Ausweisung von Baugebieten auf der kommunalen Ebene oder die Errichtung öffentlicher Gebäude sollen bereits heute widerstandsfähig gegenüber den Folgen zukünftiger klimatischer Veränderungen sein. Ebenso wollen Unternehmen langfristige Investitionen wie die Errichtung neuer Gebäude oder Anlagen klimarobust gestalten und Standortentscheidungen so treffen, dass sie dauerhaft tragfähig sind. Nicht zuletzt wollen auch Privatpersonen, beispielsweise in ihrer Rolle als Bauherren, die richtigen Entscheidungen treffen.

Eine wesentliche Grundlage für die Entscheidungsfindung ist zum einen ein möglichst fundierter Blick in die Zukunft, der möglichst belastbare Abschätzungen zu den künftigen Klimaänderungen ebenso erlaubt wie eine solide Erfassung der bestehenden Verwundbarkeiten und der möglichen Auswirkungen des Klimawandels. Zum anderen bedarf es robuster und flexibler strategischer, technischer oder auch instrumenteller Lösungen, die angesichts der nach wie vor bestehenden Unsicherheiten für eine große Bandbreite möglicher Klimaveränderungen gleichsam angemessen sind. Es ist daher ein wichtiges Bestreben des Bundes, die Wissensbasis als Grundlage für Anpassungsprozesse und -maßnahmen zu erweitern und diesbezügliche Forschungsaktivitäten systematisch zu fördern.

Viele Forschungsförderaktivitäten des Bundes zu Klimawandel und Anpassung werden unter dem Dach des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

### HUE-3: Bundeszuwendungen für Forschungsprojekte zu Klimawandelfolgen und Anpassung

Mehrere Bundesressorts fördern die Forschung im Themenfeld Klimawandelfolgen und Anpassung über Zuwendungen für zeitliche befristete Projekte. Der Umfang dieser Zuwendungen ist ab dem Jahr 2006 deutlich angestiegen. Die Zahlen bilden aber nur einen Teil der Forschungsförderung des Bundes ab. Auch die Auftragsforschung der Bundesministerien ist darin nicht berücksichtigt.



Datenquelle: BMBF (Förderkatalog zur Projektförderung des Bundes – eigene Auswertung)

finanzierten Rahmenprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ FONA gebündelt. Darüber hinaus gibt es in weiteren Bundesressorts Programme, in denen zu Anpassung geforscht wird und pilothaft Anpassungsmaßnahmen erprobt werden. Besonders hervorzuheben sind in diesem Kontext für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) der Schwerpunktbereich „Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels“ im Umweltforschungsplan oder die Forschungsfelder ImmoKlima und StadtKlima im Förderprogramm ExWoSt (Experimenteller Wohnungs- und Städtebau). Das Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur (BMVI) führt einen Großteil der ressorteigenen Forschungsaktivitäten zur Anpassung im Rahmen von KLIWAS (Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt – Entwicklung von Anpassungsoptionen) zusammen. Ebenso förderte das BMVI beispielsweise die Modellvorhaben „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“ (KlimaMORO).

In vielen Fällen, z. B. beim Umweltforschungsplan des BMUB, werden zeitlich befristete Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Rahmen von wettbewerblichen Verfahren vergeben (Auftragsforschung). Darüber hinaus stellt der Bund finanzielle Mittel für die Förderung von Projekten in Form von zweckgebundenen Zuwendungen für Vorhaben im Rahmen von Förder- und Fachprogrammen bereit. Bezogen auf Projekte im Bereich von Klimawandelfolgen und -risiken sowie Anpassung wurden auf diese Weise z. B. durch das BMBF große Verbundprojekte wie die mittlerweile abgeschlossenen KLIMZUG-Projekte („Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“) oder der Aufbau des Climate Service Center in Hamburg gefördert.

Eine ressortübergreifende Zusammenstellung aller Förderaktivitäten zur Anpassung an den Klimawandel und eine Übersicht über die hierfür verausgabten Mittel gibt es bislang nicht. Lediglich die über Zuwendungen vergebenen Mittel von BMBF, BMUB, BMVI sowie des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) werden im Förderkatalog des BMBF an zentraler Stelle dokumentiert und lassen sich nach den Themen Klimawandelfolgen sowie Anpassung auswerten. Betrachtet man die Zuwendungen für Projekte mit diesen Schwerpunkten wird deutlich, dass die Forschungsförderung in diesem Themenfeld ab dem Jahr 2006 deutlich angestiegen ist. Damals wurde vom BMBF der Förderschwerpunkt „klimazwei– Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen“ ins Leben gerufen, der für den Zeitraum 2006 bis 2009 mit einem Finanzvolumen von ca. 35 Mio. Euro ausgestattet war. Ab dem Jahr 2008 wurden dann



Langfristige Planungen und Investitionsentscheidungen sind auf eine solide Wissensbasis angewiesen.  
(Foto: Konstanze Schönthaler / Bosch & Partner GmbH)

im Programm KLIMZUG durch das BMBF insgesamt über 80 Mio. Euro für Projekte in sieben regionalen Verbundvorhaben bereitgestellt.

Maßnahmen des BMBF haben den größten Anteil an der zuwendungsbasierten Finanzierung von Forschung und Entwicklung zu Klimawandelfolgen und Anpassung, weitere diesbezügliche Zuwendungen leisteten das BMEL sowie das BMUB. Da der Förderkatalog jedoch die Auftragsforschung nicht umfasst, bilden die Zahlen nur einen begrenzten Ausschnitt aus der Finanzierung von Forschung und Entwicklung zur Klimaanpassung ab. Diesbezügliche Aktivitäten z. B. des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) oder entsprechende Teile des Umweltforschungsplans des BMUB berücksichtigt der Indikator derzeit nicht. Auch Maßnahmen, die indirekt eine Anpassungswirkung entfalten, sind in der Zeitreihe nicht enthalten. Die Daten lassen keine bewertenden Aussagen im Hinblick auf Quantität und Qualität der Bundeszuwendungen zu.

## Schnittstellen

HUE-4: Klimawandelanpassung auf kommunaler Ebene

## Ziele

Erweiterung und Vertiefung der wissenschaftlichen Grundlagen für den Anpassungsprozess durch Forschungsaktivitäten des Bundes (DAS, Kap. 5.2)

## Kommunen sind wichtige Akteure

Die Kommunen gehören zu den zentralen Akteuren der Anpassung an den Klimawandel, denn viele Folgen des Klimawandels zeigen ihre Wirkungen auf der lokalen Ebene. Viele Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel müssen mit und in den Kommunen entwickelt und umgesetzt werden. Hierzu gehören u. a. Maßnahmen der städtischen Grünplanung und Siedlungsentwicklung, Maßnahmen der Anpassung städtischer Infrastruktur oder Vorsorgemaßnahmen im Bauwesen. Allerdings ist Anpassung an den Klimawandel als kommunale Aufgabe in Deutschland insgesamt noch ein relativ neues, noch relativ wenig wahrgenommenes Aktionsfeld. Der Bund räumt daher der Unterstützung der Kommunen im Anpassungsprozess einen hohen Stellenwert ein.

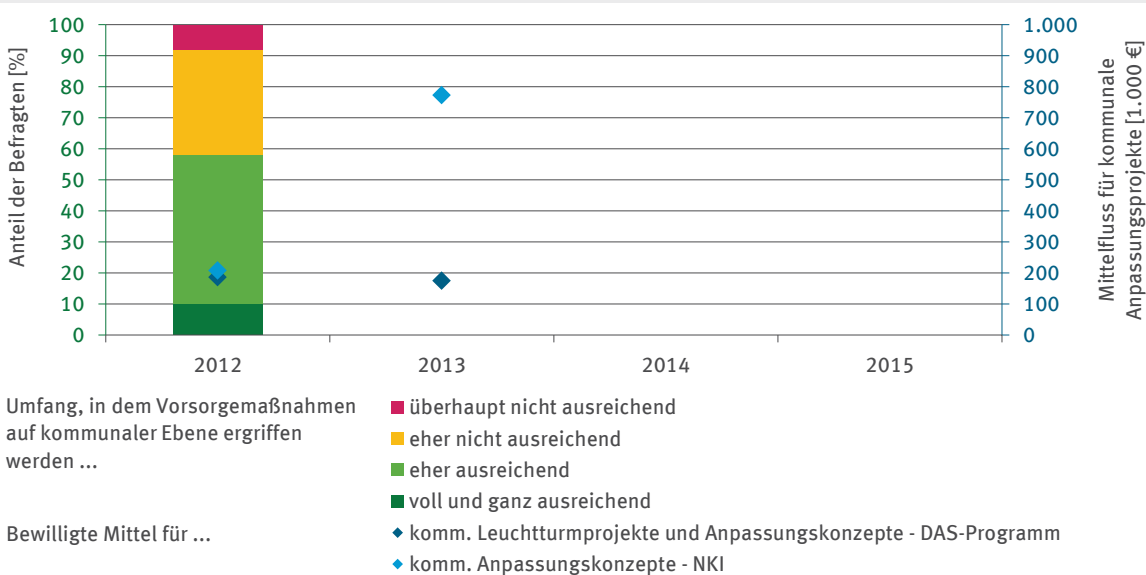
Ein Gesamtüberblick über die Unterstützungsleistungen des Bundes für die Kommunen lässt sich derzeit nicht herstellen. Stellvertretend spiegelt die Bewilligung von Mitteln im Rahmen zweier bedeutender kommunaler Förderprogramme das Engagement des Bundes

in einem Ausschnitt wider. Im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) unterstützt der Bund die Erstellung kommunaler Anpassungskonzepte. Bis zum Jahr 2011 war die NKI ausschließlich auf Aktivitäten im Bereich Klimaschutz ausgerichtet. 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.

Die Konzepte dienen den Kommunen als strategische Planungs- und Entscheidungshilfen, sie identifizieren den Bedarf an Anpassung, treffen Aussagen zur Beteiligung relevanter Akteure und zeigen Handlungsmöglichkeiten vor Ort auf. Im Jahr 2012 erhielten drei Städte und Landkreise die Mittelbewilligung für die Erarbeitung eines Anpassungskonzepts, 2013 kamen drei weitere hinzu. Im Vergleich zum gesamten Mittelabfluss an kommunale Antragsteller im Rahmen der Kommunalrichtlinie in Höhe von 40,5 Mio. Euro im Jahr 2012 und 56,9 Mio. Euro in

### HUE-4: Klimawandelanpassung auf kommunaler Ebene

Der Bund unterstützt u. a. über die Nationale Klimaschutzinitiative und das DAS-Programm die Gemeinden, Städte und Landkreise in der Erstellung von Konzepten und der Umsetzung von Maßnahmen zur guten Anpassung. Der Mitteleinsatz in den Programmen nimmt zu. Im Jahr 2012 war eine knappe Mehrheit von repräsentativ befragten Bürgerinnen und Bürgern der Meinung, dass sich ihre Stadt oder Gemeinde ausreichend in der Anpassung engagiert.



Datenquelle: BMUB & UBA (Umweltbewusstsein in Deutschland 2012); Projektträger Jülich (Statistik über geförderte Projekte)



2013 fällt der in Anpassungskonzepte fließende Anteil mit weniger als 0,5 % bisher sehr gering aus. Ein Grund hierfür ist, dass über die NKI keine investiven und damit kostspieligen Anpassungsmaßnahmen gefördert werden.

Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel werden seit 2011 außerdem im Rahmen des sogenannten DAS-Programms durch das Umweltministerium gefördert. Die Förderung zielt darauf ab, die Anpassungsfähigkeit insbesondere auf der lokalen und regionalen Ebene durch Initiativen zur Bewusstseinsbildung, zum Dialog und zur Beteiligung sowie zur Vernetzung und Kooperation von regionalen oder lokalen Akteuren zu stärken. Kommunale Initiativen zur Anpassung werden vor allem in zwei der drei Förderschwerpunkte des Programms unterstützt. Zum einen schafft der Bund Anreize für Unternehmen zur Erstellung von Anpassungskonzepten; dabei sind auch explizit Unternehmen in kommunaler Verantwortung angesprochen. Zum anderen geht es um die Förderung kommunaler Leuchtturmvorhaben sowie interkommunaler oder regionaler Verbünde mit dem Ziel, Kooperationen aufzubauen, Anpassungskonzepte zu erstellen und diese pilothaft umzusetzen. Für kommunale Leuchtturmprojekte hat der Bund in den Jahren 2012 und 2013 insgesamt knapp 1 Millionen Euro bewilligt. Das nun erst vier Jahre bestehende Förderinstrument soll schrittweise finanziell aufgebaut werden und kann in Zukunft auch wesentlich höhere Beträge ausschütten.

Die beiden Programme geben kein vollständiges Bild der Investitionen in Anpassungskonzepte und -prozesse der Kommunen, denn diese haben noch mehrere andere Möglichkeiten der Finanzierung. Hierzu gehören u. a. die Förderprogramme KLIMZUG („Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“) und KlimaMORO (Modellvorhaben „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“), die allerdings einen Schwerpunkt auf Forschungsaktivitäten legen und inzwischen ausgelaufen sind. Auch über die EU-Strukturförderung lassen sich kommunale Projekte zur Anpassung finanzieren. Bei operativen Umsetzungsmaßnahmen in Förderprogrammen ist der Umgang mit Klimawandelfolgen oft nur ein Nebenziel, das die Ausgestaltung der Maßnahme zwar beeinflussen kann, dessen anpassungsspezifische Kosten sich aber i. d. R. nicht aus der Gesamtsumme herausrechnen lassen. Von besonderer Bedeutung auf kommunaler Ebene ist es, die Bürgerinnen und Bürger in die Diskussion um gute Anpassung und die konkrete Umsetzung von Maßnahmen einzubeziehen. Voraussetzung für bürgerschaftliches Engagement sind dabei aktive Kommunen, die ihren Bürgerinnen und Bürgern Plattformen für die Diskussion und Beteiligung geben und selbst mit guten Umsetzungsprojekten als Vorbilder im Anpassungsprozess auftreten.



Kommunen müssen bei der Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen unterstützt werden.  
(Foto: neurolle - Rolf / pixelio.de)

In der repräsentativen Umfrage „Umweltbewusstsein in Deutschland“ werden Bürgerinnen und Bürger seit 2012 zu ihrer Einschätzung befragt, ob sich die Stadt oder Gemeinde, in der sie leben, hinreichend mit dem Thema Anpassung auseinandersetzt und ob sie in ausreichendem Umfang Vorsorgemaßnahmen ergreift. Mit 58 % der Befragten äußerte sich die Mehrheit diesbezüglich positiv. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass es sich um eine subjektive Einschätzung der Befragten handelt und diese auf der Grundlage eines ganz unterschiedlichen Informationsstands antworten. Sind die Befragten in Zukunft möglicherweise besser über die Anpassungserfordernisse informiert und bewerten sie vor diesem Hintergrund das kommunale Engagement eher kritischer, könnte dies sogar zu einer negativeren Bewertung führen, obwohl die Städte oder Gemeinden ihre Aktivitäten in der Anpassung intensiviert haben.

## Schnittstellen

HUE-3: Bundeszuwendungen zur Förderung von Forschungsprojekten zu Klimawandelfolgen und Anpassung

## Ziele

Da Anpassung in den meisten Fällen auf regionaler oder lokaler Ebene erfolgen muss, sind viele Entscheidungen auf kommunaler oder Kreisebene zu treffen.  
(DAS, Kap. 5.2)

## Anpassung ist eine globale Herausforderung

Angesichts der globalen Dimension des Klimawandels und seiner Folgen können die Bemühungen um Anpassung nicht an nationalen Grenzen haltmachen. Deutschland setzt sich daher seit vielen Jahren intensiv für eine weitreichende internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Anpassung ein. Dabei geht es zunächst um die Mitgestaltung der europäischen Rahmenbedingungen für die Anpassung in Schwellen- und Entwicklungsländern und die europäische Forschungskoope- ration. Im weiterge- henden internationalen Umfeld richten sich die deutschen Aktivitäten auf die internationalen Abkommen und Koope- rationen inkl. des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC).

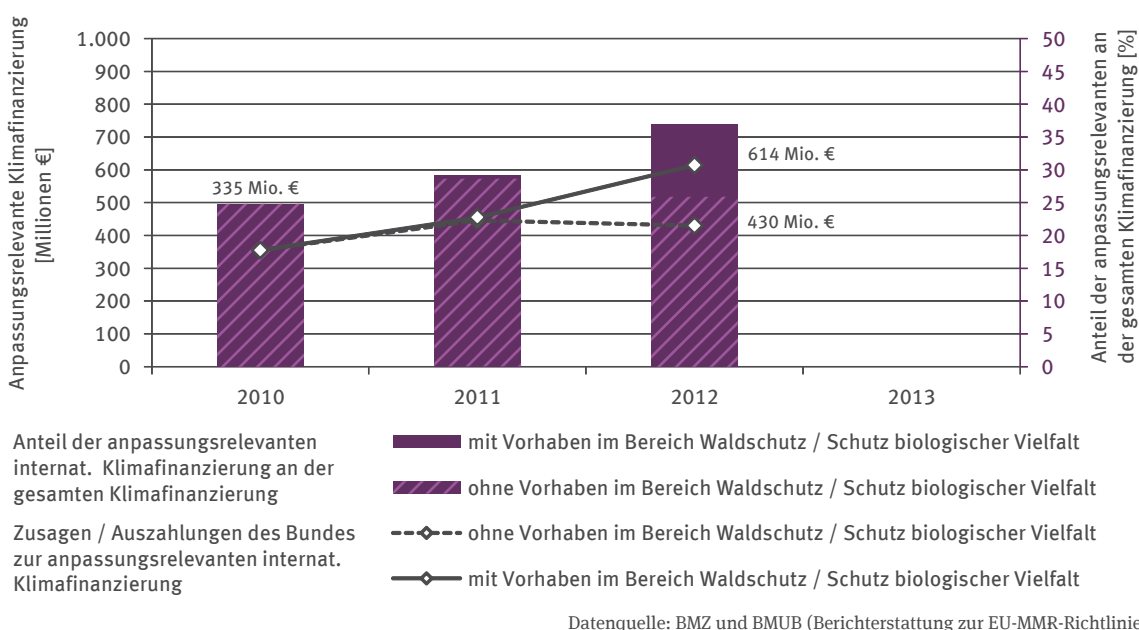
Die globalen Klimaszenarien machen deutlich, dass die Entwicklungsländer von den nachteiligen Auswirkungen der Klimaänderung besonders betroffen sein werden. Teilweise zeigen sich diese Auswirkungen auch schon heute in Form besonders ausgeprägter Witterungsex- treme und einer Verschlechterung unter anderem der

landwirtschaftlichen Anbaubedingungen. Hinzu kommt, dass die betroffenen Länder aufgrund ihrer wirtschaftli- chen und politischen Situation zum Teil über nur gerin- ge Anpassungskapazitäten verfügen. Die solidarische Unterstützung der Entwicklungsländer bei ihren Anpas- sungsprozessen ist schon allein deshalb geboten, weil diese selbst im Vergleich zu den industrialisierten Staaten und Schwellenländern bisher nur einen vergleichsweise geringen Anteil an den Treibhausgasemissionen hatten.

Deutschland fördert die Anpassung in Entwicklun- gländern im Rahmen der internationalen Zusammenar- beit zur Bekämpfung des globalen Treibhauseffekts, dem so- genannten Klimaregime, und der Entwicklungszusammen- arbeit. Rund 90 % der internationalen Klimafinanzierung übernimmt dabei das Bundesministerium für Wirtschaft- liche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ). Weitere Mittel fließen über das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) überwie- gend im Rahmen der Internationalen Klimaschutzinitiative

### HUE-5: Internationale Klimafinanzierung zur Anpassung

Die Bemühungen zur Unterstützung von Anpassung im internationalen Kontext haben in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen. Der Anteil der anpassungsrelevanten Finanzierung an der gesamten internationalen Klimafi- nanzierung ist von knapp 25 % im Jahr 2010 auf 37 % im Jahr 2012 gestiegen, ohne Berücksichtigung des Bereichs Wald / Biodiversitätsschutz auf 26 %. Der Bedarf nach Anpassungsfinanzierung wird in Zukunft weiter wachsen.



(IKI). Im Rahmen von Forschungsk Kooperationen sind außerdem weitere Ministerien an Vorhaben beteiligt, die den Anpassungsprozess in Entwicklungsländern unterstützen.

Die internationale Klimafinanzierung unterscheidet grundsätzlich zwischen finanziellen Beiträgen zu multilateralen Programmen und der bilateralen Entwicklungszusammenarbeit. Bei der multilateralen Finanzierung zahlen mehrere Staaten in internationale Fonds ein. Der älteste multilaterale Fonds mit Schwerpunkt Anpassung ist der seit 2002 existierende Least Developed Countries Fund. In Umsetzung der Beschlüsse der Weltklimakonferenz in Kopenhagen von 2009, mit denen die Weichen für eine umfangreichere und langfristige finanzielle Unterstützung der Entwicklungsländer gestellt wurden, und den Beschlüssen zur Schnellstartfinanzierung (Fast Start Finance) in Cancún 2010 wird nun der Green Climate Fund (GCF) aufgebaut, durch den ein Großteil der neuen multilateralen Finanzierung für Anpassung fließen soll.

Im Rahmen der bilateralen Projekt- und Programmfinanzierungen leistet Deutschland Zuwendungen an spezifische Projekte zur Förderung eines kohlenstoffarmen und klimaresilienten Wachstums. Ein Großteil der Projekte wird von zwei staatlichen Durchführungsorganisationen, der Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) und der KfW Bankengruppe umgesetzt. Die bilaterale Zusammenarbeit schließt auch die Förderung zivilgesellschaftlicher Aktivitäten durch private und kirchliche Träger in Entwicklungsländern ein.

Neben den Projekten, deren Hauptziel die Anpassung an den Klimawandel ist, unterstützen viele Projekte der Entwicklungszusammenarbeit mit den Zielen der Armutsbekämpfung, der Ernährungssicherung und der Diversifizierung der Wirtschaftsstruktur mittelbar auch Ziele der Anpassung. Die Verknüpfung von nachhaltiger Entwicklung und Klimaanpassung erhöht die Wirkung der öffentlichen Gelder. Entscheidend für die Anrechnung als Anpassungsprojekt in der internationalen Klimafinanzierung ist jedoch, dass Ziele der Anpassung ausdrücklich formuliert sind und spezifische Maßnahmen umgesetzt werden, die die Vulnerabilität eines menschlichen oder natürlichen Systems gegenüber Einflüssen oder Risiken des Klimawandels mindern oder die Anpassungskapazität erhöhen. Hierzu gehören Maßnahmen der Information und Bewusstseinsbildung ebenso wie Maßnahmen im rechtlichen, planerischen und programmatischen Bereich sowie operative Umsetzungsmaßnahmen wie beispielsweise die Umstellung auf wassersparende Bewässerungssysteme, der Anbau trockenresistenter Ackerfrüchte, die Einführung nachhaltiger Praktiken in der Fischerei oder Maßnahmen zur Malariabekämpfung.



Entwicklungsländer sind von Extremereignisse besonders betroffen und verfügen oft über geringere Anpassungskapazitäten. (Foto: © Victor Marcus)

Die internationale Klimafinanzierung Deutschlands für Minderungs-, Anpassungs-, Wald- und Biodiversitätsmaßnahmen ist kontinuierlich von 471 Mio. Euro im Jahr 2005 auf 1,66 Milliarden Euro im Jahr 2012 gestiegen. Für 2013 waren 1,8 Milliarden Euro zugesagt.<sup>39</sup> Seit den Beschlüssen der Klimakonferenz in Cancún 2010 zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für Anpassung erfasst Deutschland den in die Anpassung fließenden Anteil der internationalen Klimafinanzierung differenziert. Der Mitteleinsatz hat sich von 335 Mio. Euro in 2010 auf 614 Mio. Euro<sup>40</sup> im Jahr 2012 fast verdoppelt. Damit ist auch der Anteil der Anpassungsfinanzierung an der gesamten internationalen Klimafinanzierung gestiegen. Er belief sich im Jahr 2012 auf 37 %. Diese Zahlen beinhalten Vorhaben mit Anpassungswirkungen im Bereich Waldschutz / Schutz biologischer Vielfalt. Ohne diese betragen die internationalen Beiträge Deutschlands 2012 zur Anpassungsfinanzierung bereits 430,3 Mio. Euro. Über die Wirkungen der mit diesen Mitteln finanzierten Projekte lassen die Zahlen aber keine Aussagen zu.

## Ziele

Unterstützung besonders anfälliger Entwicklungsländer bei der Anpassung an die nachteiligen Folgen des Klimawandels (DAS, Kap. 4)

Bereitstellung angemessener, berechenbarer und nachhaltige Finanzquellen [...], um Anpassungsmaßnahmen in den Entwicklungsländern zu unterstützen (Copenhagen Accord, Vereinbarung der COP 15, 2009)



**ANHANG**

## Bearbeitung

Der vorliegende Monitoringbericht sowie dessen fachliche Grundlagen wurden im Rahmen von drei Vorhaben unter Federführung von Konstanze Schönthaler und Stefan von Andrian-Werburg (Bosch & Partner GmbH) erarbeitet und abgestimmt: „Erstellung eines Indikatorenkonzepts für die Deutsche Anpassungsstrategie (Sachverständigentitel 364 01 006), „Indikatoren für die Deutsche Anpassungsstrategie – Hauptstudie“ (Förderkennzeichen 3709 41 125) und „Evaluierung der DAS – Berichterstattung und Schließung von Indikatorenlücken“ (Förderkennzeichen 3711 41 106). Soweit in der nachstehenden Tabelle nicht anders dargestellt, umfasste dies die Arbeiten zu allen Handlungsfeldern und querschnittsorientierten Themen der DAS sowie zu den handlungsfeldübergreifenden Indikatoren. In der folgenden Tabelle sind die Institutionen und Personen aufgeführt, die methodische und inhaltliche Beiträge zum Monitoringbericht oder zum Indikatorensystem bearbeitet haben.

Institution	Bearbeiter
<b>Federführung, Indikatorenentwicklung und Texterstellung</b>	
Bosch & Partner GmbH	Konstanze Schönthaler, Stefan von Andrian-Werburg, Sonja Pieck
<b>Indikatoren für das Handlungsfeld Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz</b>	
Ecologic Institut	Jenny Tröltzsch, Dr. Darla Nickel, Marlene Lange, Evelyn Lukat, Ulf Stein
<b>Indikatoren für das Handlungsfeld Biologische Vielfalt</b>	
Bearbeitung im Rahmen des BfN-Vorhabens „Indikatorensystem zur Darstellung direkter und indirekter Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt“ (FKZ 35 11 82 0400)	
Bundesamt für Naturschutz (BfN)	Fachgebiet II 1.3 Monitoring: Dr. Ulrich Sukopp, Rainer Dröschmeister
Technische Universität Berlin	Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung: Prof. Dr. Stefan Heiland, Laura Radtke, Rainer Schliep Fachgebiet Ökosystemkunde / Pflanzenökologie: Dr. Robert Bartz, Prof. Dr. Ingo Kowarik
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden	Fakultät Landbau / Landespflege, Professur Tierökologie / Angewandter Umweltschutz: Prof. Dr. Frank Dziock, Silvia Dziock
Universität Stuttgart	Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung: Dr. Livia Schäffler, Prof. Dr. Stefan Siedentop (auch ILS Dortmund), Stefan Fina
Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V.	Dr. Christoph Sudfeldt, Sven Trautmann
<b>Statistische Auswertungen zu den Indikatoren</b>	
Ludwig-Maximilian-Universität München	Fakultät für Mathematik, Informatik und Statistik, Institut für Statistik, Statistisches Beratungslabor: Prof. Dr. Helmut Küchenhoff, Shuai Shao
<b>Klimaentwicklung in Deutschland – Daten und Texterstellung</b>	
Deutscher Wetterdienst (DWD)	Referat KU 41 Hydrometeorologische Beratungsleistungen: Dr. Thomas Deuschländer, Dr. Monika Rauthe Referat KU 21 Nationale Klimaüberwachung: Karsten Friedrich

## Beteiligungen

Die Indikatoren, die dem nun vorliegenden Bericht zugrunde liegen, wurden in einem mehr als fünfjährigen Entwicklungs und Abstimmungsprozess mit behördlichen Vertretern unterschiedlicher Ressorts auf Bundes- und teilweise auch Landesebene sowie nicht behördlichen Fachexperten erarbeitet. Die nachstehende Aufstellung enthält alle Beteiligten, die mit konkreten Beiträgen an der Entwicklung der Indikatoren und / oder der Erstellung der Texte für den Monitoringbericht mitgearbeitet haben. Die Personen sind dabei denjenigen Institutionen zugeordnet, denen sie zum Zeitpunkt der Beteiligung angehört haben.

Institution	Beteiligte
<b>Ministerien des Bundes</b>	
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)	Referat WR I 1 Allgemeine, grundsätzliche sowie internationale und europäische Angelegenheiten der Wasserwirtschaft: Susanne Hempen Referat E III 7 Finanzierung des internationalen Klimaschutzes, Internationale Klimaschutzinitiative: Hermann Amecke Referat IG II 7 Gesundheitliche Folgen des Klimawandels, umweltbezogene Lebensmittelsicherheit: Björn Ingendahl, Norbert Stutzinger-Schwarz Referat N II 4 Waldschutz und nachhaltige Waldbewirtschaftung, Biologische Vielfalt und Klimawandel: Cornelia Neukirchen, Thomas Hanusch Programmbüro Internationale Klimaschutzinitiative (IKI): Felix Ries
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	Projekträger DLR: Dr. Horst Steg, Dr. Birgit Kuna, Silke Kröll
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)	Referat 535 Nachhaltige Waldbewirtschaftung, Holzmarkt: Friedrich Schmitz, Norbert Riehl
Bundesministerium für Gesundheit (BMG)	Referat 422 Grundsatzfragen der Prävention, Eigenverantwortung, Selbsthilfe, Umweltbezogener Gesundheitsschutz: Karin Höppner, Clemens Schreiner
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)	Referat WS 14 Klima, Umweltschutz für die Wasserstraßen, Gewässerkunde, BfG: Harald Köthe
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)	Referat IV C 2 Klimaschutzpolitik und internationale Umweltschutzpolitik: Dr. Jens Mundhenke
Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ)	Sondereinheit Klima (SEK): Gottfried von Gemmingen
<b>Bundesoberbehörden</b>	
Umweltbundesamt (UBA)	Fachgebiet I 1.6 Klimafolgen und Anpassung in Deutschland: Dr. Petra van Rühl Fachgebiet I 1.4 Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Umweltfragen, nachhaltiger Konsum: Dr. Michael Wehrspaun Fachgebiet I 2.3 Erneuerbare Energien: Werner Niederle, Sven Weißbach Fachgebiet I 2.5 Energieversorgung und -daten: Dr. Jörg Schneider, Günter Kuhs Fachgebiet II 1.5 Umweltmedizin und gesundheitliche Bewertung: Dr. Hans-Guido Mücke Fachgebiet II 1.6 Expositionsschätzung, gesundheitsbezogene Indikatoren: Dr. Dagmar Kallweit Fachgebiet II 2.1 Übergreifende Angelegenheiten Wasser und Boden: Simone Richter Fachgebiet II 2.4, Binnengewässer: Dr. Andreas Hoffmann

Institution	Beteiligte
Umweltbundesamt (UBA) (Fortsetzung)	Fachgebiet II 2.7 Bodenzustand, Bodenmonitoring: Dr. Frank Glante, Stephan Marahrens, Jeanette Mathews Fachgebiet II 2.8 Landwirtschaft: Dr. Knut Ehlers Abteilung II.3 Trinkwasser- und Badebeckenwasserhygiene: Dr. Ingrid Chorus Fachgebiet II 3.3 Trinkwasserressourcen und Wasseraufbereitung: Dr. Jutta Fastner Fachgebiet IV 1.3 Pflanzenschutz: Dr. Mareike Güth Fachgebiet IV 1.4 Gesundheitsschädlinge und ihre Bekämpfung: Dr. Carola Kuhn, Arlette Vander Pan, Dr. Erik Schmolz
Bundesamt für Naturschutz (BfN)	Fachgebiet II 2.1 Biotopschutz und Biotopmanagement: Dr. Peter Finck Fachgebiet II 2.3 Gebietsschutz / Großschutzgebiete: Dr. Volker Scherfose Fachgebiet II 3.2 Binnengewässer, Auenökosysteme und Wasserhaushalt: Dr. Thomas Ehlert, Bernd Neukirchen Fachgebiet Z 2.1 Naturschutzinformation, Geoinformation: Ursula Euler, Jessica Wiesinger
Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK)	Referat II.3 Grundsatzangelegenheiten Kritische Infrastrukturen: Susanne Krings, Dr. Monika John-Koch
Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)	Referat M2 Physik des Meeres: Dr. Hartmut Heinrich, Detlev Machoczek
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)	Gruppe 2.4 Arbeitsstätten, Maschinen- und Betriebssicherheit, Fachgebiet Klima am Arbeitsplatz: Dr. Kersten Bux
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)	Fachbereich 2.2 Informationsgrundlagen Grundwasser und Boden: Dr. Rainer Baritz
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)	Referat M2 Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen: Peter Krahe, Dr.-Ing. Thomas Maurer Referat U2 Ökologische Wirkungszusammenhänge: Dr. Helmut Fischer, Dr. Sebastian Kofalk, Annette Stosius
Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA)	Bundesforst, Abteilung Produktion und Absatz: Peter Mann Bundesforst, Abteilung Naturschutz: Dr. Christine Schleupner
Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)	Referat 321 Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt: Michaela Haverkamp, Marliese von den Driesch Referat 324 Wald und Holz: Michaela Lachmann
Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)	Referat S1 Intelligenter Straßenaufbau, Regenerative Energie, Klimawandel: Dr. Markus Auerbach, Carina Herrmann Referat U2 Unfallstatistik, Unfallanalyse: Dr. Andreas Schepers
Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW)	Referat E1 Grundsatz: Kai Pietsch (jetzt Referat E4 Logistik), Tobias Nothhelfer
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)	Referat I 1 Raumentwicklung: Dr. Brigitte Zaspel-Heisters, Klaus Einig Referat I 5 Verkehr und Umwelt: Dr. Fabian Dosch
Bundesnetzagentur (BNetzA)	Referat 603 Marktbeobachtung, Monitoring Energie: Bernd Westphal Referat 606 Zugang zu Elektrizitätsverteilnetzen: Michael Schnoor, Klaus Hemberger
Bundessortenamt (BSA)	Referat 203 Wertprüfung Mais, Gräser, Klee: Volker Klemm Referat P2 Kommunikation, Biopatent-Monitoring, Qualitätsmanagement: Nora-Sophie Quett



Institution	Beteiligte
Deutscher Wetterdienst (DWD)	Agrarmeteorologische Forschungsstelle: Falk Böttcher Referat KU 21 Nationale Klimaüberwachung: Christine Polte-Rudolf Referat KU 41 Hydrometeorologische Beratungsleistungen: Dr. Uwe Böhm Regionales Klimabüro Freiburg: Jochen Bläsing Zentrales Klimabüro Offenbach: Marita Roos, Joachim Namyslo Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung: Franz-Josef Löpmeier, Dr. Klaus-Peter Wittich Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung: Uwe Kaminski, Dr. Christina Koppe-Schaller, Angelika Grätz
Friedrich-Loeffler-Institut (FLI)	Institut für Infektionsmedizin: Dr. Helge Kampen Institut für Tierschutz und Tierhaltung: Dr. Lars Schrader
Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS)	Außenstelle West, Dezernat Regionales Management – Langfristplanung: Gerd Franke, Christian Meyer-Mölleringhof Außenstelle Südwest, Dezernat Schifffahrt: Norbert Neumann
Julius Kühn-Institut (JKI)	Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst: Karl-Heinz Berendes, Dr. Nadine Bräsicke Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit: Dr. Uwe Starfinger Institut für Strategien und Folgenabschätzung im Pflanzenschutz: Prof. Dr. Bernd Freier, Sandra Krenzel Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde: Prof. Dr. Jörg Michael Greef Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz: Prof. Dr. Frank Ordon
Max Rubner-Institut (MRI)	Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide: Prof. Dr. Meinolf G. Lindhauer
Robert Koch-Institut (RKI)	Fachgebiet 22 Epidemiologie nicht übertragbarer Krankheiten: Detlef Laußmann, Dr. Hildegard Niemann FG 35 Gastrointestinale Infektionen, Zoonosen u. tropische Infektionen: Dr. Mirko Faber
Statistisches Bundesamt (StBA)	Referat G 204 Materialfluss-, Energie- und Wasserrechnungen: Helmut Mayer, Christine Flachmann
Thünen-Institute (TI)	Institut für Agrarrelevante Klimaforschung: Dr. Andreas Gensior Institut für Ostseefischerei: Dr. Christopher Zimmermann Institut für Fischereiökologie: Dr. Thomas Lang, Dr. Klaus Wysujack Institut für Seefischerei: Dr. Anne Sell, Dr. Matthias Bernreuther Institut für Waldökosysteme: Prof. Dr. Andreas Bolte, Erik Grüneberg, Franz Kroiher, Dr. Heino Polley, Dr. Thomas Riedel, Dr. Joachim Rock, Dr. Walter Seidling, Dr. Nicole Wellbrock Institut für Ländliche Räume: Horst Gömann, Jano Anter
<b>Ministerien der Länder</b>	
Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein	Referat Küstenschutz, Hochwasserschutz und Häfen: Dr. Jacobus Hofstede
Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern	Referat 240 Waldökologie und nachhaltige Waldbewirtschaftung, Angelegenheiten der obersten Jagdbehörde, Jagdwesen: Dr. Peter Röhe Referat 260 Finanzielle Förderung der Forstwirtschaft und des Naturschutzes, Vorkaufsrecht des Landes, Liegenschaftsangelegenheiten (Naturschutz und Forst): Ralf Dölle

Institution	Beteiligte
<b>Fachbehörden der Länder</b>	
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg	Referat 43 Hydrologie, Hochwasservorhersage: Bernd Katzenberger
Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg	Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg: Dr. Roland Rösch
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft	Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz: Dr. Robert Beck
Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft	Sachgebiet 2.1 Standort und Bodenschutz: Dr. Christian Kölling
Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit	Nationales Referenzzentrum für Borrelien: Dr. Volker Fingerle
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde	Fachbereich 2 Waldentwicklung / Monitoring: Prof. Dr. Ralf Kätzel
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie	Dezernat I1 Luftreinhaltung, Kataster, Planungen, Abfall: Sonja Singer-Posern
Regierungspräsidium Gießen	Hessische Betreuungs- und Pflegeaufsicht: Regine Krampen, Gunter Crößmann Hessisches Landesprüfungs- und Untersuchungsamt im Gesundheitswesen: Dr. Helmut Uphoff
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt	Sachgebiet Waldnaturschutz / Naturwaldforschung: Dr. Peter Meyer
Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern	Sigrid Grell
Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz	Betriebsstelle Norden-Norderney: Frank Thorenz
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen	Fachbereich 3.2 Bodenschutz, Altlasten, Ökotoxikologie: Dr. Andrea Hädicke, Dr. Silke Höke
Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen	Dirk Elhaus
Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen	Geschäftsbereich Statistik: Dr. Olivia Martone
Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinlandpfalz	Kompetenzzentrum Weinforschung, Abteilung Weinbau und Oenologie: Prof. Dr. Ulrich Fischer
Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz	Referat 51 Flussgebietsentwicklung: Christoph Linnenweber
Landesforsten Rheinland-Pfalz	Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz: Friedrich Engels, Ulrich Matthes
Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt	Dezernat Hydro- und Umweltgeologie: Dr. sc. Dieter Feldhaus
ThüringenForst	Service- und Kompetenzzentrum, Stabsstelle Forschungscoordination: Projektgruppe Klimaschutz und Klimafolgen: Ingolf Profft
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft	Referat 420 Pflanzenproduktion und Agrarökologie: Dr. Uwe Jentsch
<b>Hochschulen und andere wissenschaftliche Einrichtungen</b>	
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg	Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften. Waldbau-Institut: Prof. Dr. Jürgen Bauhus
Charité – Universitätsmedizin	Allergie-Zentrum: Prof. Dr. Karl-Christian Bergmann
Forschungszentrum Jülich GmbH / Projektträger Jülich (PtJ)	GTI 4 Förderberatung: Susanne Pätzold UMW 3 Nachhaltigkeit und Klima: Franziska Eichler
Georg-August-Universität Göttingen	Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Abt. Waldbau und Waldökologie der gemäßigten Zonen: Prof. Dr. Christian Ammer

Institution	Beteiligte
Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde	Institut für Landschaftsnutzung und Naturschutz: Prof. Dr. Rüdiger Schultz-Sternberg
Hochschule Fulda	Fachbereich Pflege und Gesundheit: Prof. Dr. Henny A. Grewe
Hochschule Geisenheim	Zentrum Wein- und Gartenbau, Institut für Allgemeinen und Ökologischen Weinbau: Dr. Manfred Stoll
Justus-Liebig-Universität Gießen	Fachbereich Biologie und Chemie, Institut für Pflanzenökologie : Prof. Dr. Ludger Grünhage
Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) im Forschungsverbund Berlin e.V.	Dr. Rita Adrian
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. (ZALF)	Institut für Landschaftssystemanalyse: Dr. Dr. Kurt-Christian Kersebaum
Universität Potsdam	Institut für Biochemie und Biologie: Prof. Dr. Ursula Gaedke
<b>Nicht-behördliche Einrichtungen</b>	
Berliner Wasserbetriebe	Grundlagenplanung Abwasser: Kay Joswig
Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW)	Fachgebiet Trink- und Abwasserpolitik: Andrea Danowski
Climate Service Center (CSC)	Prof. Dr. Annegret Thieken (heute Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften)
Deutsches Maiskomitee e.V. (DMK)	Jürgen Rath
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft (DWA)	Dr.-Ing. Karl-Heinz Rother
German Wind Energy Institute DEWI GmbH	Public Relations: Carsten Ender
Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV)	Sach- und Technische Versicherung, Schadenverhütung, Statistik: Oliver Hauner, Olaf Burghoff
Institut für Binnenfischerei e.V.	Dr. Uwe Brämick
Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion (ISIP)	Dr. Manfred Röhrig
KfW Bankengruppe	Geschäftsbereich KfW-Privatkundenbank, PBa1 Produktentwicklung Wohnen: Lars Rahn
Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage KABS e.V.	Dr. habil. Norbert Becker, Dr. Paul Schädler
Landwirtschaftskammer Niedersachsen	Geschäftsbereich Landwirtschaft, Sachgebiet Beregnung: Ekkehard Fricke
Marine Stewardship Council (MSC)	MSC Regionalbüro Deutschland, Österreich, Schweiz, Berlin: Dr. Marnie Bammert, Vivien Schröder
Nursing Consulting für Einrichtungen der stationären Altenhilfe (NCESA)	Volker Gussmann
N-ERGIE Aktiengesellschaft	Dr. Mirjam Bergold
Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH (PAN)	Werner Ackermann, Manuel Schweiger
Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung	Abteilung Fließgewässerökologie und Naturschutzforschung: Prof. Dr. Peter Haase
Stadtentwässerungsbetriebe Köln	Hochwasserschutzzentrale Köln: Reinhard Vogt
Stadtwerke Hannover AG	Fachgebiet Wasserwirtschaft & Techn. Büro, Abt. Wassergewinnung: Andreas Rausch
Stadtwerke Düsseldorf	Christoph Wagner

Institution	Beteiligte
Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst e.V. (PID)	Prof. Dr. Karl-Christian Bergmann
Sustainable Business Institute (SBI)	Dr. Paschen von Flotow, Anke Hummel
VGB PowerTech e.V. Essen	Competence-Center 4 (CC4) Umwelttechnik, Chemie, Sicherheit und Gesundheit: Hans-Joachim Meier

## Literaturverzeichnis

- 1 Larsen J. 2006: Plan B Updates – Setting the Record Straight: More than 52,000 Europeans Died from Heat in Summer 2003. Earth Policy Institute.  
[www.earth-policy.org/index.php?/plan\\_b\\_updates/2006/update56](http://www.earth-policy.org/index.php?/plan_b_updates/2006/update56)
- 2 BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit & UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) 2012: Umweltbewusstsein in Deutschland 2012 – Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin, 84 S.
- 3 Langen U., Schmitz R., Steppuhn H. (RKI) 2013: Häufigkeit allergischer Erkrankungen in Deutschland - Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 2013 5 / 6: 698–706. DOI 10.1007/s00103-012-1652-7  
[www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Studien/Degs/degs\\_w1/Basispublikation/basispublikation\\_node.html](http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Studien/Degs/degs_w1/Basispublikation/basispublikation_node.html)
- 4 Früh B., Koßmann M., Roos M. 2011: Frankfurt am Main im Klimawandel - Eine Untersuchung zur städtischen Wärmebelastung. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 237, Offenbach, 68 S.
- 5 BALTEX Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Zusammenfassung der Ergebnisse der BACC Conference im Mai 2006 in Göteborg / Schweden.  
[www.baltex-research.eu/BACC/material/IBS\\_No35\\_BACC.pdf](http://www.baltex-research.eu/BACC/material/IBS_No35_BACC.pdf)
- 6 Intergovernmental Panel on Climate Change 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 7 von Storch H., Meinke I., Weisse R. 2009: Nordseesturmfluten im Klimawandel. Vortrag auf dem Symposium "Stormvloed 1509 – Geschiedenis van de Dollard", 19. September 2009.
- 8 maribus gGmbH (Hrsg.) 2010: World Ocean Review: Mit den Meeren leben. Hamburg, 240 S.  
<http://worldoceanreview.com/herunterladen/>
- 9 Wurbs D. & Steininger M. 2011: Wirkungen der Klimaänderungen auf die Böden - Untersuchungen zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Bodenerosion durch Wasser. UBA-Texte 16/2011, Dessau-Roßlau, 202 S.
- 10 Capriel P. & Seiffert D. (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) 2009: 20 Jahre Boden-Dauerbeobachtung in Bayern. Teil 3: Entwicklung der Humusgehalte zwischen 1986 und 2007. Schriftenreihe 10 der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft LfL, Freising, 47 S.  
[www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/schriftenreihe/p\\_36603.pdf](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/schriftenreihe/p_36603.pdf)
- 11 Drösler M., Freibauer A., Adelman W., Augustin J., Bergman L., Beyer C., Chojnicki B., Förster C., Giebels M., Görlitz S., Höper H., Kantelhardt J., Liebersbach H., Hahn-Schöfl M., Minke M., Petschow U., Pfadenhauer J., Schaller L., Schägner P., Sommer M., Thuille A., Wehrhan M. 2011: Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis. Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt „Klimaschutz - Moornutzungsstrategien“ 2006-2010. vTI-Arbeitsberichte 4/2011.
- 12 Höper H. 2007: Freisetzung von Treibhausgasen aus deutschen Mooren. Telma 37: 85-116.
- 13 Both C., Bouwhuis S., Lessells C. M., Visser M. E. 2006: Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. Nature 441: 81-83  
doi:10.1038/nature04539; Received 17 October 2005; Accepted 22 December 2005

- 14 Möhring U., Peters A., Schackers B., Kurth A., Gebauer S., Weißhaupt R. 2012: Erfassung überregional bedeutsamer Projekte zur Auenrenaturierung und zur Wiederherstellung von Überschwemmungsflächen – bundesweite Übersicht. Unveröff. Abschlussbericht. Höxter, 70 S.
- 15 BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit & BfN – Bundesamt für Naturschutz (Ed.) 2009: Auenzustandsbericht. Flussauen in Deutschland. Berlin, Bonn, 34 S.
- 16 BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2014: Der Wald in Deutschland – Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. Berlin, 56 S.
- 17 BMELV – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2011: Waldstrategie 2020 – Nachhaltige Waldbewirtschaftung – eine gesellschaftliche Chance und Herausforderung: S. 13.
- 18 Molly J. P. 2014: Neue Leistungsauslegung von Windturbinen. In: DEWI Magazin Nr. 44, Seiten 32-34.
- 19 Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) (Hrsg.) 2010: Energiewirtschaftliche Bewertung von Pumpspeicherwerken und anderen Speichern im zukünftigen Stromversorgungssystem – Endbericht. Studie im Auftrag der Schluchseewerk AG, Kassel, 152 S.
- 20 GDV – Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. 2013a: Naturgefahrenreport 2013 – Die Schaden-Chronik der Versicherer. Berlin, 46 S.  
[www.gdv.de/2013/10/naturgefahrenreport-2013-die-schaden-chronik-der-versicherer](http://www.gdv.de/2013/10/naturgefahrenreport-2013-die-schaden-chronik-der-versicherer)
- 21 SBI – Sustainable Business Institute e.V. 2010: Herausforderung Klimakompetenz - Kundenerwartungen an Finanzdienstleister - Ergebnisse einer Befragung von Privat- und Geschäftskunden. In Zusammenarbeit mit dem „Finanz-Forum: Klimawandel“ im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts „CFI - Climate Change, Financial Markets and Innovation“. 20 S.  
[www.cfi21.org/fileadmin/user\\_upload/Herausforderung\\_Klimakompetenz.pdf](http://www.cfi21.org/fileadmin/user_upload/Herausforderung_Klimakompetenz.pdf)
- 22 WWF Deutschland 2007: Fünf Jahre nach der Elbeflut - Wurden und werden öffentliche Finanzhilfen im Sinne eines nachhaltigen Hochwasserschutzes verwendet? Frankfurt am Main, 136 S.
- 23 [www.bmi.bund.de/DE/Themen/Bevoelkerungsschutz/Fluthilfe/fluthilfe\\_node.html](http://www.bmi.bund.de/DE/Themen/Bevoelkerungsschutz/Fluthilfe/fluthilfe_node.html)
- 24 GDV – Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. 2013b: Online-Serviceteil zum Naturgefahrenreport 2013. Tabellen, Grafiken und Karten. Berlin, 28 S.  
[www.gdv.de/2013/10/naturgefahrenreport-2013-die-schaden-chronik-der-versicherer](http://www.gdv.de/2013/10/naturgefahrenreport-2013-die-schaden-chronik-der-versicherer)
- 25 StBA – Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2011: Unfallentwicklung auf deutschen Straßen 2010. Begleitmaterial zur Pressekonferenz am 6. Juli 2011 in Berlin. Wiesbaden, 38 S.
- 26 Hübler M. & Klepper G. 2007: Kosten des Klimawandels – Die Wirkung steigender Temperaturen auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit. Aktualisierte Fassung einer Studie im Auftrag des WWF Deutschland, Frankfurt, 65 S.
- 27 BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.) 2013: Tourismuspolitischer Bericht der Bundesregierung – 17. Legislaturperiode. Berlin, 73 S.
- 28 DZT – Deutsche Zentrale für Tourismus e.V. (Hrsg.) 2013: Das Reiseverhalten der Deutschen im Inland. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Frankfurt a. M., 59 S.
- 29 DZT – Deutsche Zentrale für Tourismus e.V. (Hrsg.) o.J.: Qualitätsmonitor Deutschland-Tourismus – Ergebnisse 2011/2012. Frankfurt a. M., 8 S.

- 30 Machoczek D. 2014: Sea Surface temperature variations at the automatic MARNET stations in the German Bight and the western Baltic Sea. In: Sustainable Operational Oceanography, Proceedings of the Sixth International Conference on EuroGOOS, Brussels, Sopot, S. 67 –75.
- 31 Endler C. & Matzarakis A. 2010: Klimatrends in den Modellregionen Nordsee und Schwarzwald aus einer tourismus-klimatischen Sichtweise – Analyse hoch aufgelöster regionaler Klimasimulationen. Schlussbericht zum Teilvorhaben „Klima- und Wetteranalyse“ des BMBF klimazwei Verbundprojekts Kuntikum. Freiburg, 81 S.
- 32 StBA – Statistisches Bundesamt 2014: Tourismus in Zahlen 2012. Tabelle 2.1 Ankünfte und Übernachtungen in Beherbergungsbetrieben 2012.
- 33 Agrawala S. (Hrsg.) 2007: Klimawandel in den Alpen: Anpassung des Wintertourismus und des Naturgefahrenmanagements. OECD Publications, Paris, 131 S.
- 34 LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) 2008: Beschneiungsanlagen und Kunstschnee. Reihe UmweltWissen, Nr. 11, Augsburg, 8 S.
- 35 Bausch T. 2010: Wintertourismus und Großveranstaltungen. Hintergrundinformationen und Überlegungen zur weiteren Diskussion. Unveröffentlichte Präsentation, zit. nach: Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) 2010: Perspektiven naturverträglicher Sport- und Erholungsnutzung im bayerischen Alpenraum. Augsburg, 123 S.
- 36 Matzarakis A., Möller A., Kreilkamp E., Carstensen I., Bartels C., Burandt S., Endler C. 2009: Anpassungsstrategien zum Klimawandel touristischer Pilotdestinationen in Küsten- und Mittelgebirgsregionen. In: Mahammadzadeh M., Biebeler H., Bardt H. 2009: Klimaschutz und Anpassung an die Klimafolgen – Strategien, Maßnahmen und Anwendungsbeispiele. Institut der deutschen Wirtschaft Medien GmbH, Köln: 253-262.
- 37 Schwirplies C. & Ziegler A. 2013: Are German Tourists Environmental Chameleons? A Micro-econometric Analysis of Adaptation to Climate Change. Joint Discussion Paper Series in Economics by the Universities of Aachen - Gießen - Göttingen - Kassel - Marburg - Siegen, Nr. 34/2013, Marburg, 26 S.
- 38 Hamilton J. & Tol R.S.J. 2007: The impact of climate change on tourism in Germany, the UK and Ireland: a simulation study. *Regional Environmental Change*, Jg. 2007, H. 7: 161-172.
- 39 BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit & BMZ – Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung 2013: Together for a common cause - Germany's contribution to international climate financing. Berlin und Bonn, 15 S.  
[www.international-climate-initiative.com/fileadmin/Dokumente/201311-brochure-German\\_climate\\_financing.pdf](http://www.international-climate-initiative.com/fileadmin/Dokumente/201311-brochure-German_climate_financing.pdf)
- 40 Transparenz in der Klimafinanzierung – Voraussetzung für mehr Wirksamkeit:  
[www.bmz.de/de/was\\_wir\\_machen/themen/klimaschutz/finanzierung/transparenz/index.html](http://www.bmz.de/de/was_wir_machen/themen/klimaschutz/finanzierung/transparenz/index.html)

## Abkürzungen

APA	Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel	GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
BfN	Bundesamt für Naturschutz	HQ100	Hochwasserabfluss mit einer mittleren Eintrittswahrscheinlichkeit von 100 Jahren
BImA	Bundesanstalt für Immobilienaufgaben	HThw	Höchster Tidehochwasserstand
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung	HW	Höchster Wasserstand
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft	IKZM	Nationale Strategie für ein integriertes Küstenzonenmanagement
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (seit 2014: BMEL)	IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change – Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit	KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur	MKRO	Ministerkonferenz für Raumordnung
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung	MThw	Mittlerer Tidehochwasserstand
BSA	Bundessortenamt	MTnw	Mittlerer Tideniedrigwasserstand
CCM	Corn-Cob-Mix	MW	Mittelwasserstand
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel	NBS	Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt
DWD	Deutscher Wetterdienst	nFK	Nutzbare Feldkapazität
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums	NHS	Nationale Nachhaltigkeitsstrategie
EPS	Eichenprozessionsspinner	NKI	Nationale Klimaschutzinitiative
EU	Europäische Union	PID	Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst e.V.
GAK	Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“	StBA	Statistisches Bundesamt
		THW	Bundesanstalt Technisches Hilfswerk
		UBA	Umweltbundesamt
		WMO	World Meteorological Organization – Weltorganisation für Meteorologie

## Bildnachweis – Titel der handlungsfeldbezogenen Kapitel

Gesundheit: Helene Souza / pixelio.de

Bauwesen: H.D.Volz / pixelio.de

Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz: Volker Kraus / pixelio.de

Boden: Heike / pixelio.de

Biologische Vielfalt: Wolfgang Dirscherl / pixelio.de

Landwirtschaft: suze / photocase.de

Wald und Forstwirtschaft: Stephanie Neumann / www.werkstadt.net

Fischerei: Dieter Schütz / pixelio.de

Energiewirtschaft (Wandel, Transport, Versorgung): Liza Litsch / pixelio.de

Finanzwirtschaft: Tim Reckmann / pixelio.de

Verkehr, Verkehrsinfrastruktur: Finkenherd / fotolia.com

Industrie und Gewerbe: Dieter Schütz / pixelio.de

Tourismuswirtschaft: by-studio / fotolia.com

Raum-, Regional- und Bauleitplanung: Konstanze Schönthaler / Bosch & Partner GmbH

Bevölkerungsschutz: Susanne Kambor / Umweltbundesamt


Handlungsfeldübergreifende Aktivitäten des Bundes: Dr. Klaus-Uwe Gerhardt / pixelio.de







► **Diese Broschüre als Download**  
[www.uba.de/publikationen](http://www.uba.de/publikationen)

 [www.facebook.com/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)  
 [www.twitter.com/umweltbundesamt](https://www.twitter.com/umweltbundesamt)