



Monitoring-Bericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg

Teil I Klimafolgen und Anpassung

Monitoring-Bericht zum
Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg
Teil I Klimafolgen und Anpassung



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Der Klimawandel ist eine der größten Herausforderungen unserer Zeit. Dem Klimawandel entgegenzutreten bedeutet, zwei Aspekte zu betrachten. Zuerst ist es von entscheidender Bedeutung, der Entwicklung mit einem engagierten Klimaschutz, also der Reduzierung von Treibhausgasen, entgegenzuwirken. Gleichwohl müssen wir uns aber auch an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels anpassen.

In Baden-Württemberg ist diese Klimapolitik im Klimaschutzgesetz verankert. Der Landtag von Baden-Württemberg hat dieses Gesetz im Jahr 2013 mit großer Mehrheit verabschiedet. Im Gesetz werden verbindliche Zielvorgaben für den Klimaschutz formuliert und gleichzeitig die Entwicklung einer Anpassungsstrategie festgeschrieben. Das Erreichen der Klimaschutzziele soll kontinuierlich überprüft werden. Beginnend mit dem Jahr 2016 sieht das Klimaschutzgesetz dafür alle drei Jahre eine ausführliche Berichterstattung vor. Die Landesregierung kommt dieser Aufgabe in zwei Berichtsteilen nach:

- Monitoring-Bericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg – Teil I Klimafolgen und Anpassung
- Monitoring-Bericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg – Teil II Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept

Der hier vorgelegte erste Berichtsteil beschäftigt sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf Baden-Württemberg und der Umsetzung der 2015 verabschiedeten Anpassungsstrategie.

Vor allem Extremereignisse erinnern uns immer wieder daran, dass der Klimawandel auch vor Baden-Württemberg nicht haltmacht. Wir alle können uns noch an den Jahrhundertssommer 2003, aber auch an die Hochwasserereignisse von 2013 oder die schlimmen Bilder der Starkregenereignisse im Frühsommer 2016 erinnern. Anhand der langen Zeitreihen der Wetterbeobachtung wissen wir, dass diese persönlichen Beobachtungen durchaus dem Trend entsprechen: Unser Klima ändert sich!

Dies hat Auswirkungen auf alle Lebensbereiche des menschlichen Handelns. Der vorliegende Bericht zeigt die Reaktionen unserer Umwelt und Natur auf diese Änderungen auf und stellt die Wirkung von Anpassungsmaßnahmen dar. Dafür wurde gemeinsam mit der LUBW und den zuständigen Ministerien ein Indikatoren-Set erarbeitet, das kontinuierlich weiterentwickelt werden soll. Des Weiteren finden Sie im Bericht einen ersten Überblick über die Umsetzung der Anpassungsstrategie, die im Juli 2015 verabschiedet wurde.

Ich danke allen beteiligten Ministerien, der LUBW, die die fachliche Begleitung wahrgenommen hat, und den weiteren Fachbehörden für ihr engagiertes Mitwirken an diesem Monitoring-Bericht. In den kommenden Jahren gilt es, die Anpassungsstrategie mit allen Akteuren gemeinsam weiter voranzubringen. Mit diesem Bericht haben wir die Grundlage für unser gemeinsames Handeln weiter verbessert.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'F. Untersteller'.

Franz Untersteller MdL
Minister für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
des Landes Baden-Württemberg



Einleitung

S. 08



Zustandsbericht Klimawandel

S. 12



Klimafolgen und Anpassung in den Handlungsfeldern

S. 24



Wald und Forstwirtschaft

S. 28

Landwirtschaft

S. 46

Boden

S. 60

Naturschutz und Biodiversität

S. 66

Wasserhaushalt

S. 74

Tourismus

S. 88

Gesundheit

S. 98

Stadt- und Raumplanung

S. 106

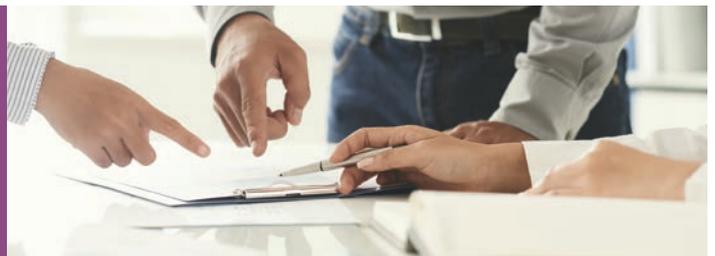
Wirtschaft und Energiewirtschaft

S. 120



Umsetzung der Anpassungsstrategie

S. 128



Zusammenfassende Bewertung und Ausblick

S. 142



Glossar

S. 150

Literatur

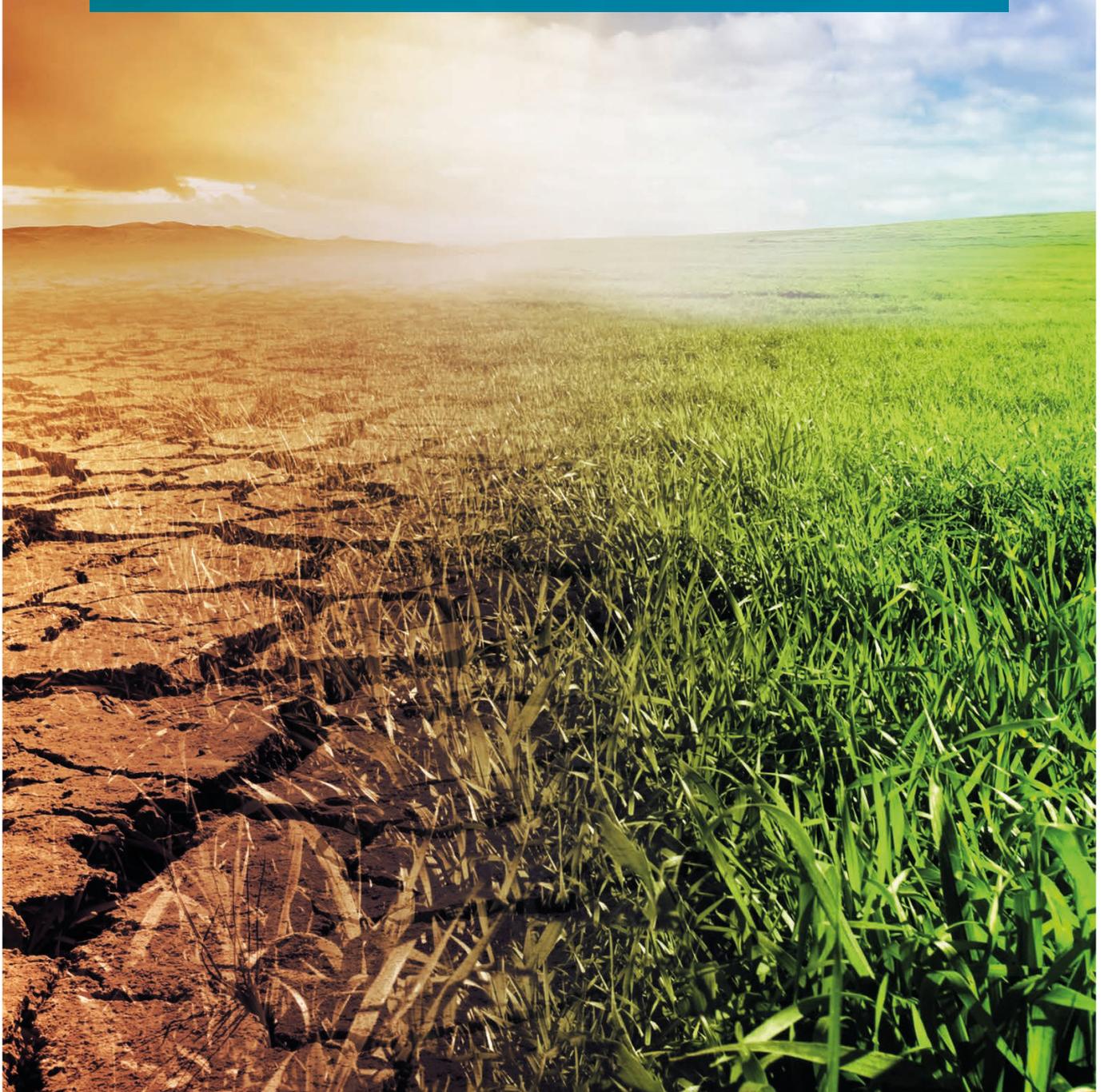
S. 155

Impressum

S. 159



Einleitung





STRATEGIE ZUR ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Mit dem 2013 beschlossenen „Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes in Baden-Württemberg“ (KSG BW) will das Land im Rahmen der internationalen, europäischen und nationalen Klimaschutzziele einen angemessenen Beitrag zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen leisten. Die Treibhausgasemissionen sollen in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 um 25% und bis zum Jahr 2050 um 90% verringert werden. Um diese Zielsetzungen zu erreichen, hat die Landesregierung im Juli 2014 ein Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept (IEKK) gemäß § 6 Abs.1 KSG BW beschlossen.

Gleichzeitig müssen wir uns auf die nicht mehr vermeidbaren klimatischen Veränderungen einstellen. Daher verpflichtet das KSG BW die Landesregierung, eine Strategie zur Anpassung an die sich veränderten klimatischen Bedingungen zu entwickeln (§ 4 Abs.2). Die „Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg“ wurde im Juli 2015 durch die Landesregierung beschlossen. Mit der Anpassungsstrategie sollen die Verwundbarkeit des Landes gegenüber den Folgen des Klimawandels gemindert, Risiken und Kosten des Klimawandels gesenkt und mögliche Chancen genutzt werden.

Die Anpassungsstrategie beschäftigt sich zunächst mit der Frage, wie und mit welcher Dynamik sich das Klima in der Zukunft ändern wird. Dazu hat die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) die Ergebnisse zahlreicher regionaler Klimamodelle für Baden-Württemberg ausgewertet. Als Ergebnis wird die Bandbreite der möglichen Klimaentwicklungen, also die Klimaleitplanken in Baden-Württemberg aufgezeigt. Darauf aufbauend werden die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels für die neun Handlungsfelder Wald- und Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Boden, Naturschutz und Biodiversität, Wasserhaushalt, Tourismus, Gesundheit, Stadt- und Raumplanung sowie Wirtschaft und Energiewirtschaft betrachtet. Zudem

enthält die Anpassungsstrategie Empfehlungen und Umsetzungsvorschläge für die betroffenen Akteure in den verschiedenen Handlungsfeldern. Die Umsetzung der Strategie muss auf vielen Ebenen erfolgen. Nicht alle Maßnahmenvorschläge liegen im direkten Verantwortungsbereich des Landes, sondern auch auf regionaler, kommunaler oder gar privater Ebene. Mit der Anpassungsstrategie soll deshalb ein Prozess in Gang kommen, in den betroffene Akteure und gesellschaftliche Gruppen eng eingebunden werden.

MONITORING NACH DEM KLIMASCHUTZGESETZ BADEN-WÜRTTEMBERG

Der nun vorliegende Monitoring-Bericht zu den wesentlichen Folgen des Klimawandels für Baden-Württemberg sowie zur Umsetzung und Wirkung wichtiger Anpassungsmaßnahmen nach § 9 Abs.2 Nr.2 KSG BW bildet den ersten Teil des zusammenfassenden Monitoring-Berichts. Mit diesem Bericht will die Landesregierung beginnend mit dem Berichtsjahr 2016, alle drei Jahre über die wesentlichen Folgen des Klimawandels für Baden-Württemberg sowie Umsetzung und Wirkung wichtiger Anpassungsmaßnahmen informieren. Zwischen Verabschiedung der Strategie im Jahr 2015 und der Erstellung des ersten Monitoring-Berichts liegt nur ein gutes Jahr. Der erste Monitoring-Bericht kann daher als Startbilanz des Anpassungsprozesses gesehen werden, die in den nächsten Jahren weiterentwickelt werden soll.

Verantwortlich für die Erstellung des Monitoring-Berichts sind nach dem KSG BW die für die Umsetzung der jeweiligen Strategien und Maßnahmen zuständigen Ressorts. Die Stabsstelle Klimaschutz beim Umweltministerium ist für die Koordinierung der Berichterstattung zuständig. Inhaltlich wurde der Bericht gemeinsam mit den Ressorts, der LUBW sowie mit Unterstützung eines externen Fachdienstleisters, der Bosch & Partner GmbH, erarbeitet.

MONITORING-BERICHT: ERSTELLUNG UND INHALTE

In dem vorliegenden Bericht werden für das Monitoring Indikatoren eingesetzt, um

- den Klimawandel in Ausmaß und Dynamik zu beschreiben (Klimakennwerte als Indikatoren),
- die Folgen des Klimawandels auf Umwelt, Natur und Gesellschaft zeitlich und räumlich zu dokumentieren (Impact-Indikatoren)
- die Wirkung von Anpassungsmaßnahmen und -strategien aufzuzeigen (Response-Indikatoren).

Fachexpertinnen und -experten aus den Landesverwaltungen und externe Expertinnen und Experten haben in Zusammenarbeit mit der Bosch & Partner GmbH und dem Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung der LUBW über hundert Indikatoren auf ihre Verwendbarkeit für das Monitoring geprüft und für die Startbilanz vor dem Hintergrund der Datenverfügbarkeit und Aussagekraft 43 Indikatoren ausgewählt. Der Indikatorensatz beinhaltet 32 Impact-Indikatoren (zu den Auswirkungen des Klimawandels) und 11 Response-Indikatoren (zur Umsetzung und Wirkung von Anpassungsmaßnahmen).

In einem weiteren Abschnitt dieses Monitoring-Berichts berichten die zuständigen Ressorts über wesentliche Maßnahmen, die bislang in ihrem Zuständigkeitsbereich in die Umsetzung gebracht wurden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nicht alle in der Anpassungsstrategie unter den Maßnahmen genannten Aktivitäten im unmittelbaren Zuständigkeitsbereich der Ministerien liegen. Infolgedessen kann der Umsetzungsstand solcher Aktivitäten in diesem Monitoring-Bericht noch nicht wiedergegeben werden.

Abschließend werden die Ergebnisse zusammenfassend bewertet und Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung des Monitorings und der Umsetzung der Anpassung formuliert.

Der Bericht wurde dem Beirat für Nachhaltige Entwicklung zur Stellungnahme vorgelegt und nach Beschlussfassung durch die Landesregierung dem Landtag zugeleitet.

Die Fortschreibung der Anpassungsstrategie wird auf der Grundlage des nächsten Monitoring-Berichts, der in 2020 erscheinen wird, anvisiert.





Zustandsbericht Klimawandel





Klimawandel global und in Baden-Württemberg

Laut 5. Sachstandbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ist die globale Erwärmung eindeutig nachweisbar und der Einfluss des Menschen auf das Klimasystem klar erkennbar (IPCC 2013). Die jüngsten anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen sind die höchsten in der Geschichte, und viele der seit den 1950er-Jahren beobachteten Veränderungen waren vorher über Jahrzehnte bis Jahrtausende nicht aufgetreten (IPCC 2013).

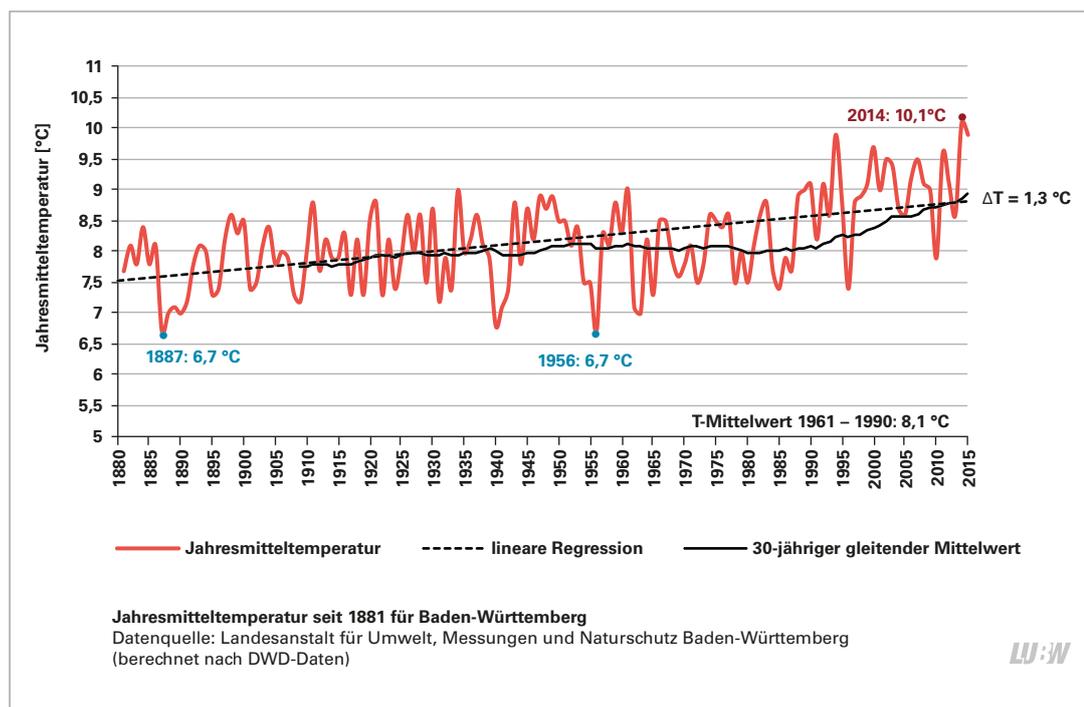
Die Erderwärmung macht sich klimatisch und räumlich unterschiedlich bemerkbar. Eine Zunahme der Temperatur ist das markanteste Signal des Klimawandels. Sie lässt sich auch in Baden-Württemberg bereits heute sehr deutlich messen. Andere Folgen sind laut Deutschem Wetterdienst (DWD) regional häufigere Extremereignisse wie Hitzewellen oder Starkniederschläge (DWD 2016).

Zudem zeigen sich erste Veränderungen in der Umwelt und Natur Baden-Württembergs, die auf den Klimawandel zurückzuführen sind.

Deshalb sind neben dem dringend notwendigen Klimaschutz auch geeignete Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen, um den nicht mehr vermeidbaren Folgen des Klimawandels zu begegnen. Selbst bei Einhaltung des globalen Zwei-Grad-Ziels hat der Klimawandel Folgen für das Land. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese regional unterschiedlich sind. Die verschiedenen Veränderungen müssen erkannt und spezifische Maßnahmen ergriffen werden.

Temperaturanstieg in allen Teilen Baden-Württembergs

Die Jahresmitteltemperatur ist in allen Regionen Baden-Württembergs seit Beginn der Aufzeichnungen vor mehr als 130 Jahren deutlich angestiegen. Gemittelt über das ganze Land hat die durchschnittliche Jahrestemperatur von 1881 bis 2015 um 1,3 °C zugenommen, während die globale Erwärmung in





Kurz gesagt:

- Die Jahresmitteltemperatur ist seit 1881 um 1,3°C angestiegen.
- In den letzten 30 Jahren zeigte sich eine Zunahme von mehr als 1°C.

einem ähnlichen Zeitraum (1880-2012) nur 0,85°C betrug (IPCC 2013).

Im Jahr 2014 wurde mit 10,1°C zudem die höchste Jahresmitteltemperatur für Baden-Württemberg seit Beginn der Aufzeichnungen berechnet. Seit der Jahrtausendwende wurden in 12 von 16 Jahren weit über 9°C ermittelt, während die 9-Grad-Marke im gesamten Zeitraum zuvor nur äußerst selten erreicht wurde. Nach 2000 liegen die Temperaturwerte damit ca. 1°C über dem Temperaturmittelwert des internationalen Vergleichszeitraums (1961-1990) von 8,1°C.

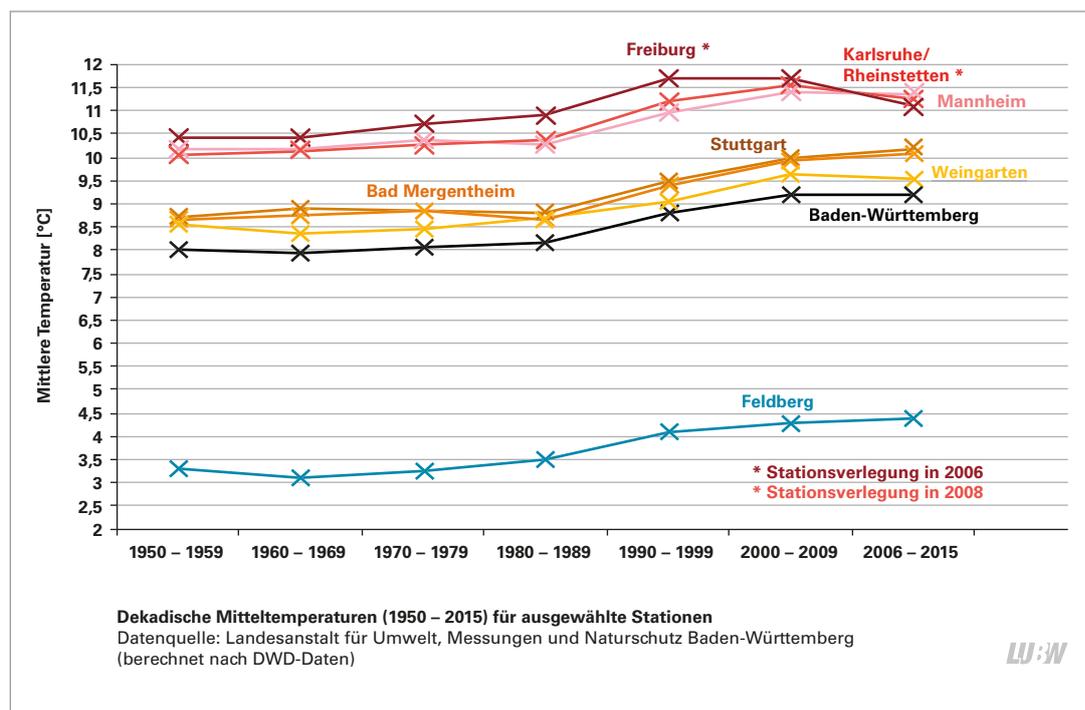
Besonders ausgeprägt ist der Temperaturanstieg nach 1980. In allen Regionen Baden-Württembergs zeigt sich ein Anstieg um mehr als 1°C in nur 30 Jahren. Hinsichtlich der Stärke der Zunahme gibt es regionale Unterschiede. Exemplarisch können die Temperaturwerte von sieben Messstationen, welche die sehr vielfältige Topographie Baden-Württembergs gut repräsentieren, zum Vergleich herangezogen werden.

Spitzenreiter bei den Jahresmitteltemperaturen ist die Station in Freiburg, deren Tempe-

raturanstieg seit Beginn der Messung 1950 bis zur Stationsverlegung im Jahr 2006 bereits 2°C betrug. Auch das Temperaturmittel des internationalen Vergleichszeitraums (1961-1990) von 10,7°C und das Maximum von 12,8°C im Jahr 2000 sind sehr hoch. Leider kann der enorme Temperaturanstieg nach 2006 aufgrund der Stationsverlegung aus der Stadt an den Flughafen Freiburg nicht weiter verfolgt werden.

In der Landeshauptstadt, an der Station Stuttgart-Echterdingen, kann nach Freiburg mit 1,8°C der stärkste Temperaturanstieg seit 1950 beobachtet werden. Betrug die durchschnittliche Temperatur 1961-1990 noch 8,8°C, ist die mittlere Temperatur ab 2000 schon auf über 10°C angestiegen. Im Jahr 2015 wurde eine Jahresmitteltemperatur von 11,7°C gemessen.

Der vergleichsweise größte Temperaturanstieg ist auf dem Feldberg zu verzeichnen. Hier nahm die Jahresmitteltemperatur seit den 1950er-Jahren um 1,6°C zu. Bei einer relativ geringen Durchschnittstemperatur von 3,3°C im Zeitraum 1961-1990 ist dieser Anstieg beachtlich. In 2015 betrug die Jahresmit-





teltemperatur auf dem Feldberg sogar $5,4^{\circ}\text{C}$. In den städtischen Siedlungsräumen kommt hinzu, dass die Temperaturen aufgrund des Hitzeinseleffekts noch viel höher sind als sich an den außerhalb gelegenen Stationen messen lässt. Im Sommer können die Temperaturunterschiede zwischen Innenstadt und Umland bis zu 6°C ausmachen (Zhou et al. 2013). In Karlsruhe wurde sogar eine Temperaturdifferenz von 7°C zwischen städtischer Siedlungs- und Grünfläche gemessen (Stadt Karlsruhe 2013). Die Hitzebelastung für die städtische Bevölkerung ist damit bedeutend größer, als der Stationsmesswert vermuten lässt. Dies gilt vor allem für Freiburg, Karlsruhe, Mannheim und Stuttgart.

Trockenere Sommer und feuchtere Winter

Seit 1881 haben die jährlichen Niederschlagssummen in Baden-Württemberg rechnerisch um 93 mm zugenommen; das entspricht rund 10%. Die Schwankungen innerhalb der Jahre, das heißt die natürliche Variabilität, sind groß. Seit der Jahrtausendwende sieht man eine tendenzielle Abnahme der Niederschläge:

Mehr als die Hälfte der Niederschläge nach 2000 lagen deutlich unter dem langjährigen Mittel von 941 mm.

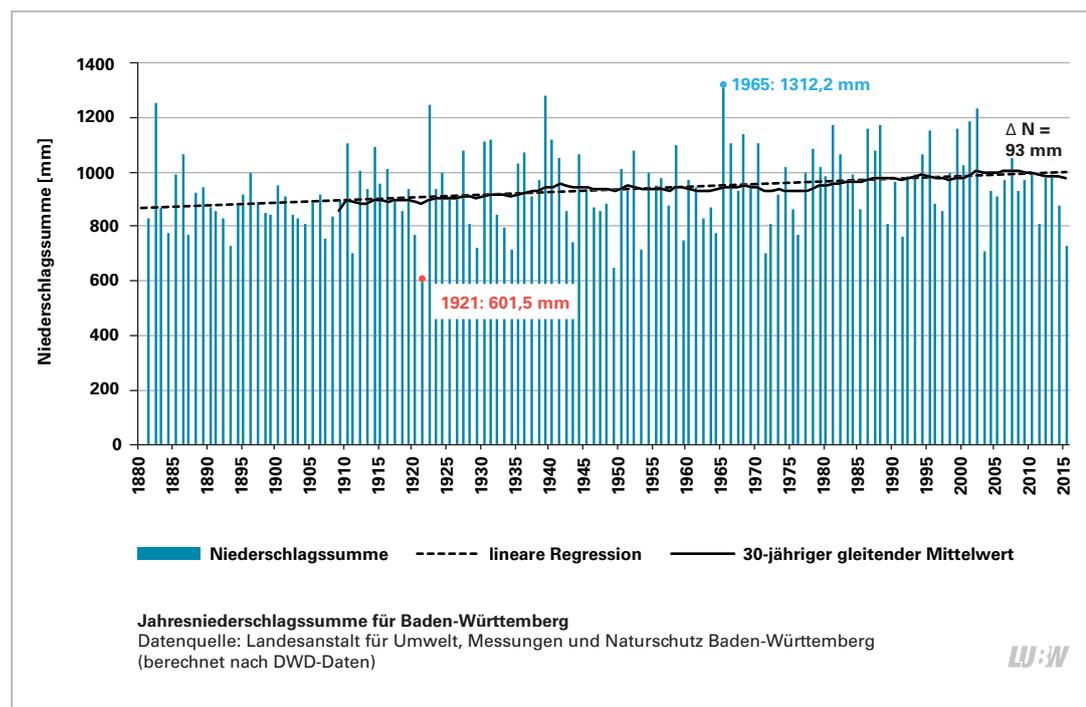
Differenzierter wird das Bild bei Unterteilung der Niederschlagssummen nach Jahreszeiten. Bei der linearen Regression für den Zeitraum 1881-2015 zeigt sich, dass die Niederschläge im Winter um 33% (68 mm) zugenommen haben und es damit deutlich feuchter geworden ist.

Beim regionalen Vergleich Baden-Württembergs zeigt sich, dass der Niederschlag eine im Gegensatz zur Temperatur räumlich heterogenere Größe ist. Entscheidenden Einfluss auf die räumliche Verteilung der Niederschläge hat dabei die Topographie. An den windzugewandten Seiten von Gebirgszügen fallen generell mehr Niederschläge als an den Windschattenseiten oder in den Niederungen.

Diese räumliche Heterogenität der Niederschläge zeigte sich deutlich im Frühjahr 2016. Ende Mai 2016 verursachten Starkniederschläge in Braunsbach immense Überschwemmungen und hatten eine Reihe von Verletzten sowie massive Zerstörungen zur Folge. Etwas

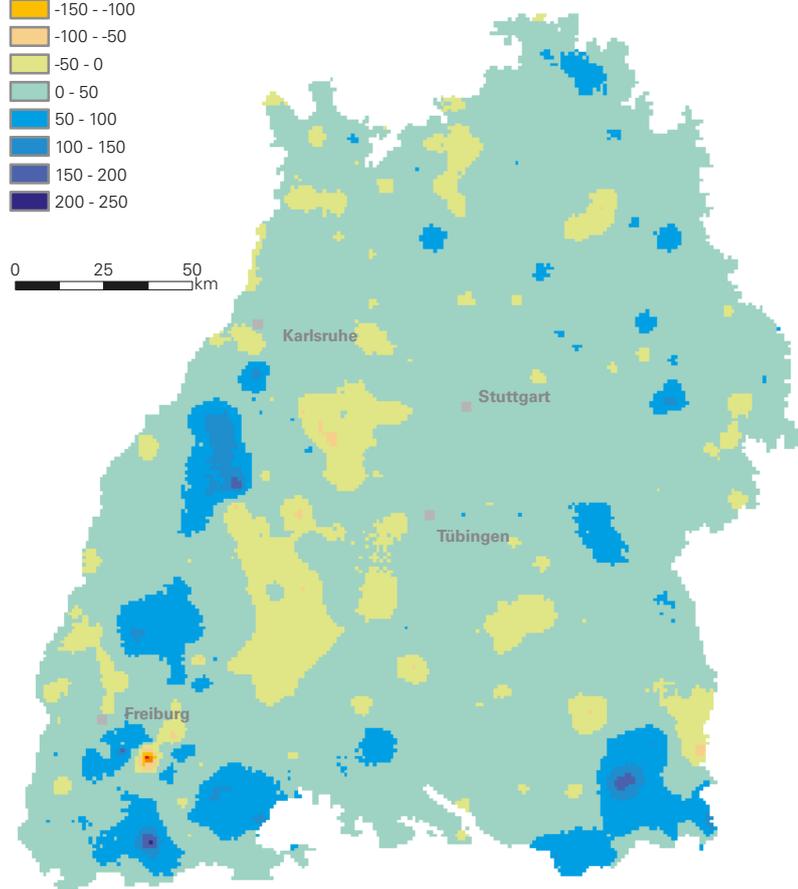
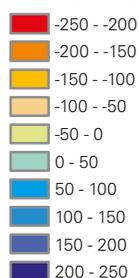
Kurz gesagt:

- In der Langzeitbetrachtung (1881-2015) haben die Jahresniederschläge um rund 10% zugenommen.
- Seit den 2000er-Jahren nehmen Jahresniederschläge tendenziell ab.
- Winterniederschläge haben über den Zeitraum 1881-2015 deutlich zugenommen (33%).





Differenz der Niederschlagssummen [mm]



Differenz der Jahresniederschlagssummen
Zeitraum 1981-2010 minus Zeitraum 1961-1990
(berechnet nach DWD-Daten)

Grundlage: DWD, LUBW

LU:W

Kurz gesagt:

- Niederschlagsentwicklung ist regional unterschiedlich.

westlich davon, im nördlichen Oberrheingraben, regnete es hingegen nur mäßig.

In der Kartendarstellung zu den Niederschlagssummen zeichnen sich ebenso die regi-

onalen Unterschiede ab. Hierbei werden die Niederschlagssummen des Internationalen Vergleichszeitraums 1961-1990 mit den Niederschlägen im Zeitraum 1981-2010 verglichen.

Während in den Niederungen kaum Veränderungen festzustellen sind, zeigen sich an den Gebirgen Unterschiede bei den Niederschlagssummen. An den windzugewandten Seiten hat der Niederschlag zugenommen, während es im Windschatten der Gebirge etwas trockener wurde.

Werden Extreme häufiger?

Die mittlere Jahrestemperatur und die Niederschlagssumme eines Jahres sind rein rechnerische und daher relativ abstrakte Größen. Anschaulicher und greifbarer wird der Klimawandel bei Betrachtung von Wetterextremen wie Heißen Tagen und Frosttagen oder Trockenperioden und Starkregenernissen (Extremereignisse siehe Glossar).

TEMPERATUREXTREME

Die Anzahl der Heißen Tage (Tage mit einer Höchsttemperatur $T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$) ist in Baden-Württemberg sehr deutlich angestiegen, während Eistage ($T_{\max} < 0^\circ\text{C}$) seltener geworden sind. Gab es im Zeitraum 1961-1990 im Landesdurchschnitt jährlich rund 5 Heiße Tage und 26 Eistage, so waren es im Zeitraum 1981-2010 bereits jährlich 9 Heiße Tage (+83,7%) und nur noch rund 24 Eistage (-9,9%).

Regional ist die Anzahl Heißer Tage sehr unterschiedlich, sie steigt jedoch überall in Baden-Württemberg an. In den letzten 30 Jah-

Mittel der Temperaturkenntage, Landesdurchschnitt Baden-Württemberg (Datengrundlage DWD, Mittel aus 78 Stationen für Zeitraum 1961 – 1990, Mittel aus 32 Stationen für Zeitraum 1981 – 2010)

Kenntage	1961 – 1990 [Anzahl]	1981 – 2010 [Anzahl]	Änderung [Anzahl]	Änderung [%]
Eistage ($T_{\max} < 0^\circ\text{C}$)	26,2	23,6	-2,6	-9,9
Frosttage ($T_{\min} < 0^\circ\text{C}$)	102,1	88,8	-13,3	-13,0
Heiße Tage ($T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$)	4,9	9,0	+4,1	+83,7
Sommertage ($T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$)	31,4	42,4	+11,0	+35,0

LU:W

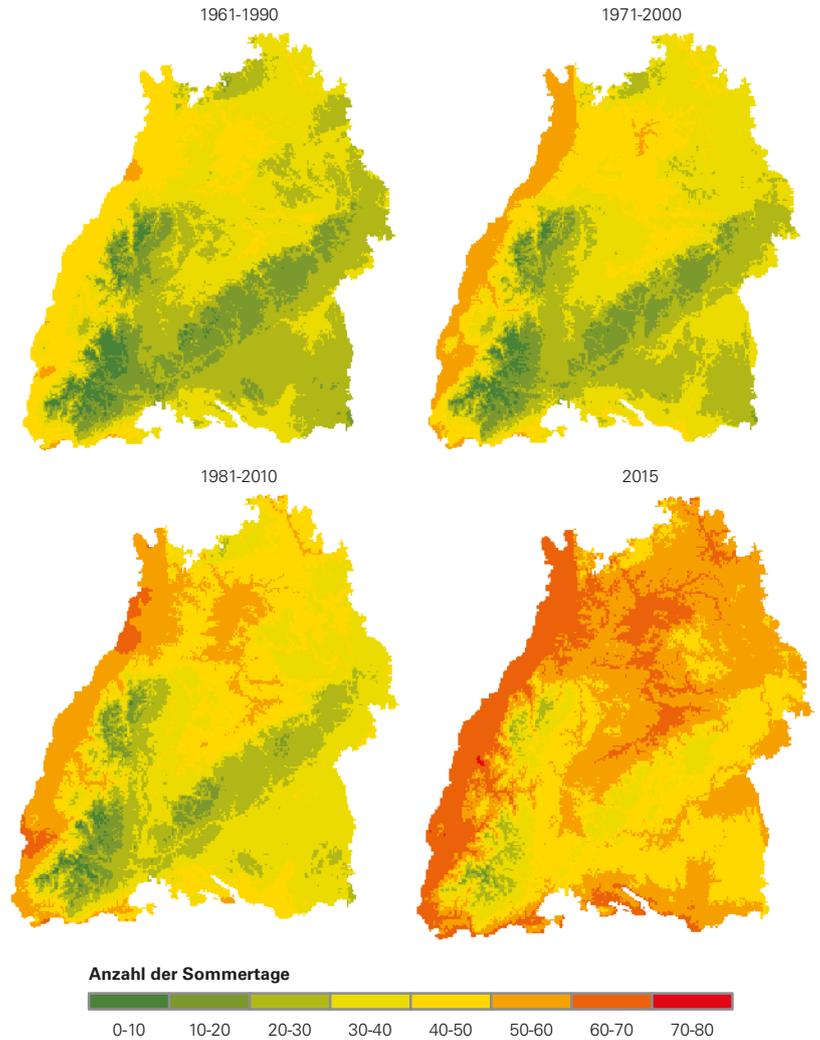




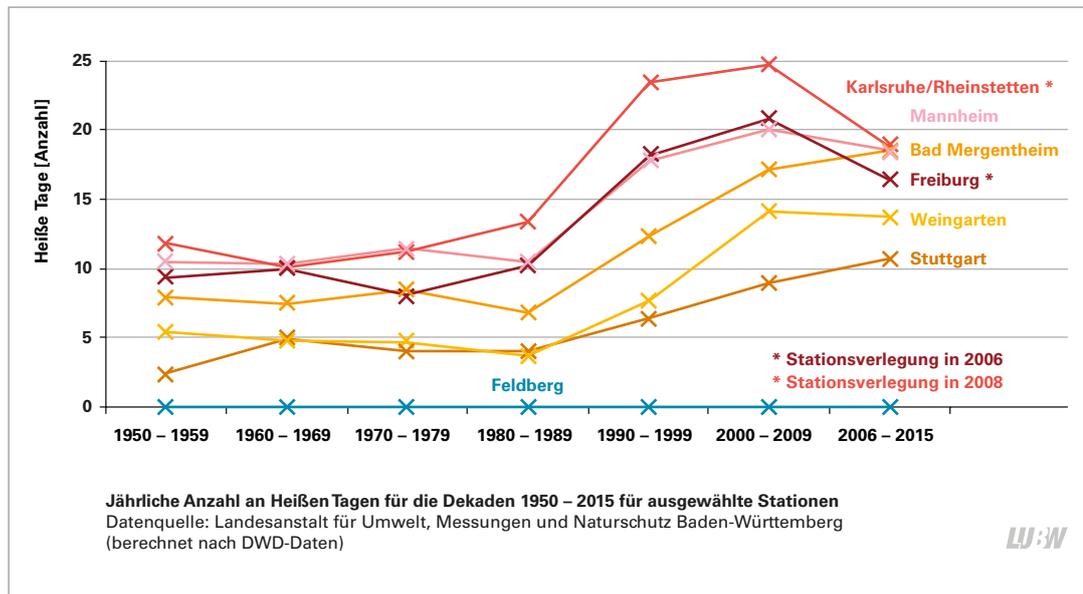
ren hat sich die mittlere Anzahl Heißer Tage in allen Regionen in etwa verdoppelt. Im Zeitraum 1961-1990 gab es beispielsweise in Karlsruhe jährlich noch 12 Heiße Tage, während es 1981-2010 schon 21 Heiße Tage waren. Einzelne Jahre können jedoch deutlich extremer ausfallen. So lag die Tageshöchsttemperatur im Sommer 2003 in Karlsruhe/Rheinstetten an 53 Tagen und im Sommer 2015 an 33 Tagen über 30°C.

Auch Sommertage ($T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$) sind häufiger geworden, während Frosttage (Tagestiefsttemperatur $T_{\min} < 0^\circ\text{C}$) seltener zu beobachten sind. Beim Vergleich der Zeiträume 1961-1990 und 1981-2010 zeigt sich in Baden-Württemberg eine Zunahme um 11 Sommertage (+35,0%) und eine Abnahme um 13 Frosttage (-13,0%).

Auch hier sind regionale Unterschiede erkennbar, wobei die Anzahl der Sommertage in allen Regionen steigt. Besonders spürbar ist diese Veränderung jedoch im Oberrhein-Graben, wo beispielsweise im Jahr 2015 an fast 80 Tagen 25°C und mehr erreicht wurden.



Veränderung der Sommertage
(berechnet nach DWD-Daten)
Grundlage: DWD, LUBW



Kurz gesagt:

- Es ist nicht nur wärmer, sondern auch heißer geworden.
- Sommertage haben um 35 % zugenommen, Heiße Tage sind um rund 84 % gestiegen.
- Eistage sind um rund 10 %, Frosttage um 13 % zurückgegangen.





Kurz gesagt:

- Niederschlagsextreme treten lokal auf.

NIEDERSCHLAGSEXTREME

Bei den Niederschlagsextremen können keine signifikanten Zu- oder Abnahmen nachgewiesen werden. Dies bedeutet jedoch nicht, dass es beispielsweise bei der Anzahl an Starkniederschlägen, Starkniederschlagstagen oder Trockentagen keine Veränderung gibt. Aufgrund ihres meist sehr kleinräumigen Auftretens, der kurzen Dauer und der Tatsache, dass diese Extremereignisse sehr selten auftreten, lassen sich vor allem Starkregenfälle nur schwer erfassen. Die Darstellung von Zeitreihen oder auch von Karten ist daher

nicht möglich. Grundsätzlich erfolgen erst seit 2001 durch automatisierte Niederschlagsmessgeräte und spezielle Radarsysteme des DWD flächendeckendere Niederschlagsmessungen (DWD 2016).

Es können aber die Zahl der Starkregentage (Niederschlagssumme > 25 mm) und auch die Zahl der Trockentage (Niederschlagssumme < 1 mm) für die bereits in der obigen Grafik betrachteten sieben Wetterstationen verglichen werden.

Anzahl der durchschnittlichen Trockentage (Niederschlagssumme < 1mm) für ausgewählte Stationen Baden-Württembergs (Datengrundlage DWD)

Station	1961 – 1990 [Anzahl Tage]	1981 – 2010 [Anzahl Tage]	Änderung [Anzahl]	Änderung [%]
Stuttgart-Echterdingen	248	247	- 1	- 0,4
Mannheim	249	247	- 2	- 0,8
Karlsruhe/Rheinstetten	244	242	- 2	- 0,8
Freiburg	232	235	+3	+1,3
Bad Mergentheim	246	240	- 6	- 2,4
Weingarten	205	208	+3	+1,5
Feldberg	187	201	+4	+2,1



Anzahl der durchschnittlichen Starkregentage (Niederschlagssumme > 25mm) für ausgewählte Stationen Baden-Württembergs (Datengrundlage DWD)

Station	1961 – 1990 [Anzahl Tage]	1981 – 2010 [Anzahl Tage]	Änderung [Anzahl]	Änderung [%]
Stuttgart-Echterdingen	2,4	2,5	+0,1	+4,2
Mannheim	1,4	1,8	+0,3	+23,8
Karlsruhe/Rheinstetten	2,2	2,3	+0,2	+7,4
Freiburg	4,2	3,5	- 0,7	- 16,1
Bad Mergentheim	2,0	2,1	+0,1	+6,5
Weingarten	3,6	3,6	0,0	0,0
Feldberg	16,3	13,0	- 3,3	- 20,4





Aussichten für das Klima in Baden- Württemberg

Wie ändert sich das Klima und mit welcher Dynamik ändert es sich in der Zukunft? Dies sind die zentralen Fragen, wenn es darum geht, die Folgen des Klimawandels abzuschätzen und rechtzeitig geeignete Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen.

Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) hat für die Anpassungsstrategie des Landes die Ergebnisse zahlreicher regionaler Klimaprojektionen für Baden-Württemberg ausgewertet (LUBW 2013). Da sich die zukünftigen Treibhausgasemissionen nicht zuverlässig vorhersagen lassen, wurden vom Weltklimarat IPCC (2001) für die Klimamodelle verschiedene Emissionsszenarien (die sogenannten SRES-Szenarien) definiert. In der LUBW-Studie wurden Klimaprojektionen mit einem einheitlichen „mittleren“ Szenario (A1B) verwendet, das von einem raschen Wirtschaftswachstum, einer raschen Einführung von neuen Technologien, einer ausgewogenen Nutzung verschiedener Energiequellen und einem bis Mitte des Jahrhunderts kulminierenden und anschließend rückläufigen Bevölkerungswachstum ausgeht. Für dieses Szenario liegen zahlreiche wissenschaftliche Modellrechnungen vor, die für Baden-Württemberg ausgewertet werden konnten (zum Thema Zuverlässigkeit und Aussagesicherheit von Klimamodellen siehe Glossar).

In der Zwischenzeit wurden für den 5. Sachstandsbericht des IPCC (2013) neue Szenarien für die Entwicklung der Konzentration von klimarelevanten Treibhausgasen in der Atmosphäre entwickelt – die sogenannten RCPs (Representative Concentration Pathways). Analog zu den SRES-Emissionsszenarien bilden die 4 RCPs (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0

und RCP8.5) günstigere bzw. ungünstigere zukünftige Entwicklungen der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre mit einer daraus resultierenden zusätzlichen „Energiezufuhr“ (Strahlungsantrieb) für das Klima bis 2100 ab. Im ungünstigsten Szenario „Weiter-wie-bisher-Szenario“ (RCP 8.5, DWD 2016) wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2100 8,5 Watt je Quadratmeter zusätzlich zur solaren Einstrahlung der vorindustriellen Zeit zur Erwärmung beitragen. Diese resultiert aus einem fortgesetzten Anstieg der Treibhausgasemissionen bis zum Ende des Jahrhunderts. Das Klimaschutz-Szenario (RCP 2.6) weist hingegen Emissionsspitzen zwischen 2010 und 2020 auf und geht von einer darauf folgenden substanziellen Treibhausgasabnahme durch Klimaschutzmaßnahmen aus. Bei diesem Szenario könnte das Zwei-Grad-Ziel erreicht werden.

Die derzeitigen tatsächlichen Treibhausgasemissionen liegen mit rund 36 Gigatonnen CO₂/Jahr (2015, Global Carbon Project) knapp unter den Annahmen des RCP 8.5 und knapp über dem SRES-Emissionsszenario A1B für die Gegenwart.

Für Baden-Württemberg konnten bislang noch keine Auswertungen regionaler Modellierungen mit den aktuellen RCPs von der LUBW durchgeführt werden, da hierzu noch nicht alle notwendigen Daten zur Verfügung stehen.

Grundlegende Veränderungen durch die RCPs werden für die klimatischen Leitplanken nicht erwartet, so dass sich die bisherigen Ergebnisse nicht maßgeblich verändern werden. Erste Klimamodellierungen mit dem RCP 8.5 für Deutschland zeigen, dass der zu erwartende Temperaturanstieg im Südwesten innerhalb der Bandbreite der Ergebnisse für das A1B-Szenario liegt. Dies gilt mindestens für die Entwicklung bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts. Zum Ende des Jahrhunderts liegen die Ergebnisse des RCP 8.5 für die Temperatur um ca. +1 °C außerhalb der oberen Bandbreite der Klimaleitplanken Baden-Württem-



berg. Das heißt, es könnte noch wärmer werden, als die pessimistischsten Modelle für Baden-Württemberg auf Basis des A1B-Szenarios bisher annehmen.

Zukünftige Entwicklung der Temperaturen

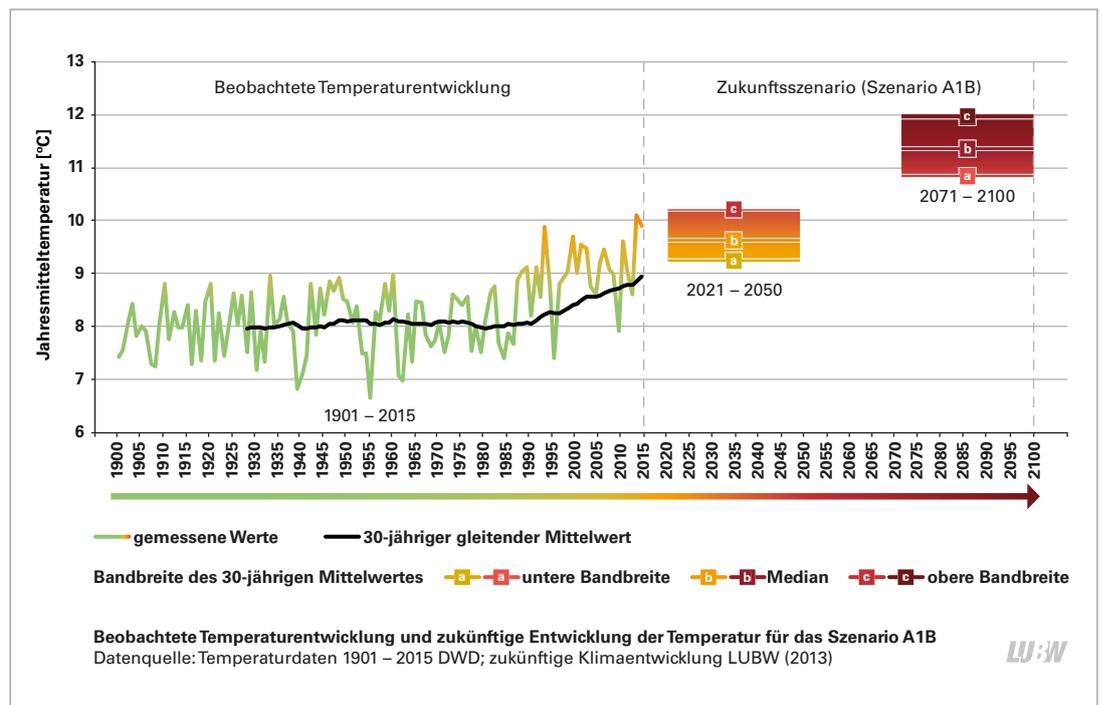
Trotz deutlicher jährlicher Schwankungen wird der Trend des Temperaturanstiegs seit Mitte der 1980er-Jahre am markanten Anstieg des 30-jährigen gleitenden Mittelwerts erkennbar. Seit 1881 ist die Jahresmitteltemperatur um rund $1,3^{\circ}\text{C}$ in Baden-Württemberg angestiegen.

Für die nahe Zukunft (Zeitraum 2021-2050) zeigen die Auswertungen der regionalen Klimamodelle durch die LUBW einen weiteren Temperaturanstieg. Die Bandbreite der Temperaturentwicklung reicht von $+0,8^{\circ}\text{C}$ bis $+1,7^{\circ}\text{C}$ gegenüber der Durchschnittstemperatur des Vergleichszeitraums 1971-2000. In der zweiten Hälfte des Jahrhunderts kann die Dynamik der Klimaveränderung noch zunehmen. Die Modelle erwarten für die ferne Zukunft (2071-2100) einen Anstieg der Jahresmitteltemperatur

von $+2,5^{\circ}\text{C}$ bis $+3,6^{\circ}\text{C}$ gegenüber 1971-2000. Zu beachten ist, dass diese zukünftigen Werte die Bandbreiten der Ergebnisse von 24 bzw. 15 regionalen Klimamodellen für die Mittelwerte der Jahresmitteltemperatur des 30-Jahre-Zeitraums 2021-2050 bzw. 2071-2100 darstellen. Das heißt, dass die jährliche Schwankungsbreite in diesen Zeiträumen nicht mit abgebildet wird. Es wird also Jahre geben, die kälter, aber auch viel wärmer sein können, als es die Bandbreite der Jahresmitteltemperaturen darstellt (LUBW 2013, UM 2015). Der generelle Trend ist ungeachtet dieser zwischenjährlichen Schwankung ein sehr deutlicher Temperaturanstieg bis Ende des 21. Jahrhunderts, wenn nicht ausreichende Klimaschutzmaßnahmen ergriffen werden.

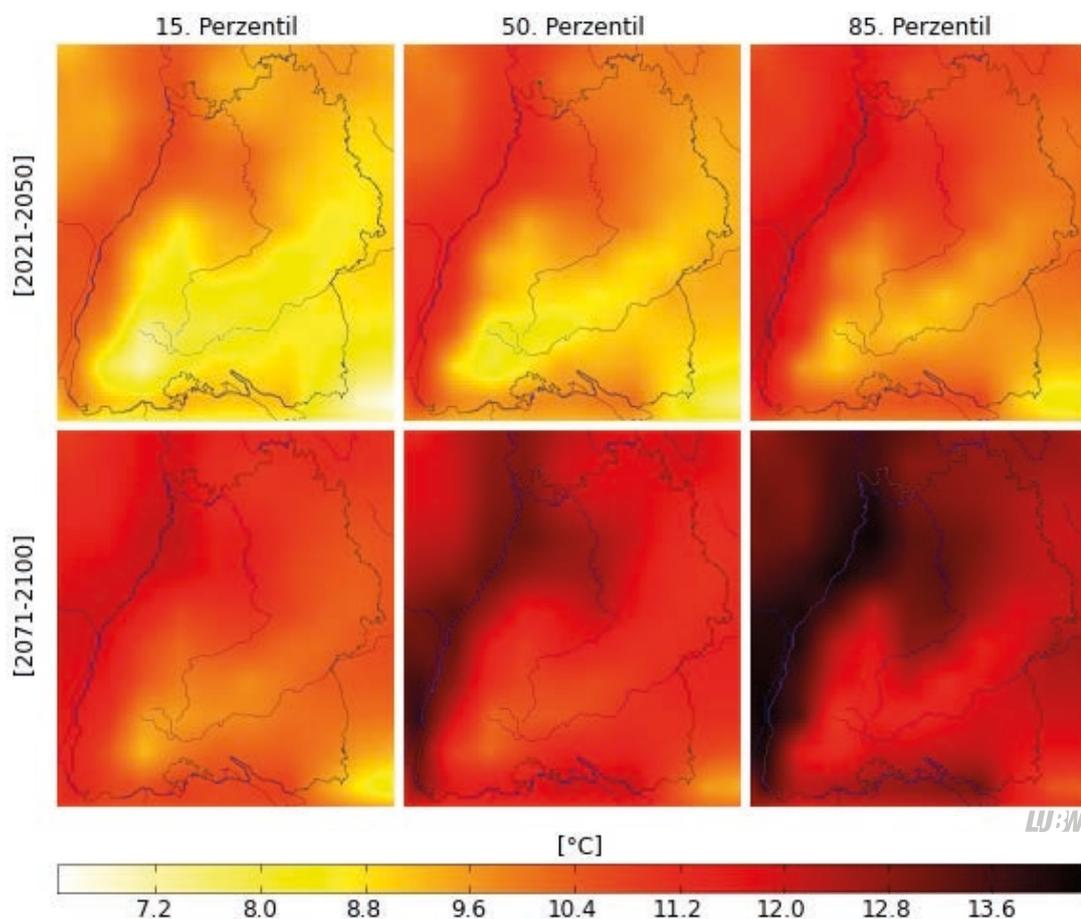
WIE UNTERSCHIEDET SICH DIE ENTWICKLUNG IN DEN EINZELNEN REGIONEN DES LANDES?

Die Entwicklung der Jahresmitteltemperatur für Baden-Württemberg veranschaulicht den generellen Trend der Klimaentwicklung. Der Klimawandel wird sich aber regional und lokal anders ausprägen, als es die landesweiten Durchschnittswerte vermitteln. Der Grund ist: Baden-Württemberg hat eine differenzier-





Jahresmitteltemperatur für die nahe (obere Reihe) und ferne (untere Reihe) Zukunft, Perzentildarstellung aus dem Ensemble der Klimaprojektionen (LUBW 2013)



Kurz gesagt:

- Ein Temperaturanstieg von +0,8 bis +1,7°C in der nahen und +2,5 bis +3,6°C in der fernen Zukunft wird erwartet.
- Sommertage, vor allem aber Heiße Tage werden drastisch zunehmen.

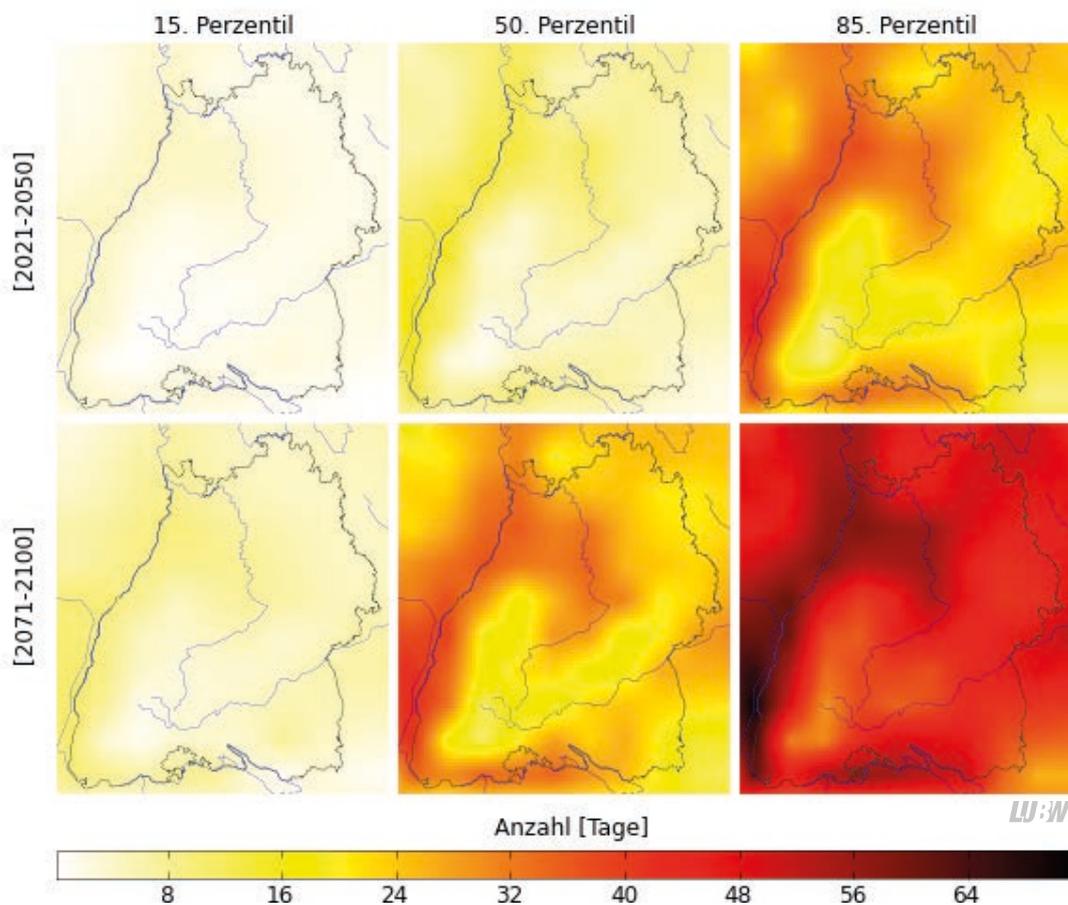
te Topographie mit ganz unterschiedlichen Natur- und Siedlungsräumen. Um dies deutlich zu machen, wurden die Ergebnisse der Klimaprojektionen (als 15., 50. und 85. Perzentil) in Kartenform für die beiden Zeiträume nahe und ferne Zukunft dargestellt (zu Perzentile siehe Glossar).

PROJIZIERTE ENTWICKLUNG DER JAHRESMITTELTEMPERATUR

Vor allem der Rheingraben und der Rhein-Neckar-Raum, beides bereits heute im Vergleich warme Regionen, werden künftig im landesweiten Vergleich Spitzenreiter der Jahresmitteltemperatur sein. Hier wird es nach den Klimamodellen in Zukunft im ungünstigsten Fall (85. Perzentil) zu Temperaturverhältnissen kommen, wie sie heute beispielsweise in Norditalien herrschen. Verbunden mit der Erwärmung werden zwar Frost- und

Eistage deutlich seltener auftreten und der Heizbedarf sinken. Im Gegenzug können aber auch die durchschnittliche Anzahl der Sommertage mit Temperaturen über 25°C im Rheingraben und Rhein-Neckar-Raum von derzeit ca. 60 (Karlsruhe) auf über 100 Tage in der fernen Zukunft im ungünstigsten Fall (85. Perzentil) ansteigen. Heiße Tage mit Temperaturen über 30°C werden daran einen großen Anteil haben. Im Rheingraben in Karlsruhe kann das heißen, dass wir statt bisher pro Jahr durchschnittlich rund 16 Tagen (1971-2000) in der nahen Zukunft rund 35 (2021-2050) und in der fernen Zukunft (2071-2100) vermutlich über 50 Heiße Tage haben werden. Dies hätte ganz erhebliche Folgen für die Natur, die Land- und Forstwirtschaft sowie die Bevölkerung, insbesondere für hitzeempfindliche Personen.

Entwicklung der Anzahl der Heißen Tage für die nahe (obere Reihe) und ferne Zukunft (untere Reihe), Perzentildarstellung aus dem Ensemble der Klimaprojektionen (LUBW 2013)



Zukünftig Entwicklung der Niederschläge

Kurz gesagt:

- Niederschlagsentwicklung ist derzeit noch nicht befriedigend abzuschätzen.

Der durchschnittliche Jahresniederschlag der Gegenwart von ca. 949 mm des Referenzzeitraums 1971-2000 wird sich nach den Modellrechnungen mit dem A1B-Szenario künftig wenig ändern. Aus den Modellrechnungen ergeben sich sowohl für die nahe als auch für die ferne Zukunft aufgrund der fehlenden Richtungssicherheit und angesichts der Streu-

ungen keine klaren Tendenzen. Allerdings ergeben sich Hinweise, dass sich die Niederschlagsverteilung im Jahr verändern kann. In der fernen Zukunft (2071-2100) zeigen die Modelle eine Abnahme der Niederschläge im Sommer und eine Zunahme der Winterniederschläge, wie auch der Tage mit Starkniederschlägen. Dies entspricht der Fortführung einer Entwicklung, die in den letzten Dekaden beobachtet wurde.



Zukünftige Entwicklung typischer Klimakennwerte (Flächenmittelwerte) für Baden-Württemberg aus Modellrechnungen. (Auszugsweise aus LUBW 2013, Datengrundlage der Referenzwerte sind 79 Klimamessstationen aus WETTREG 2010)

Klimakennwert	Beobachtung Referenzwert 1971 – 2000	Klimasignal Nahe Zukunft 2021 – 2050			Klimasignal Ferne Zukunft 2071 – 2100		
		15. Perzentil	50. Perzentil	85. Perzentil	15. Perzentil	50. Perzentil	85. Perzentil
Jahresmitteltemperatur [°C]	8,4	+0,8	+1,1	+1,7	+2,5	+3,0	+3,6
Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) [Anzahl]	30,2	+4,1	+10,1	+17,8	+20,1	+32,3	+44,3
Heiße Tage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) [Anzahl]	3,8	+1,1	+2,8	+8,8	+5,4	+20,9	+27,9
Frosttage ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$) [Anzahl]	97,0	-27,0	-19,1	-15,2	-51,9	-47,2	-35,2
Eistage ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$) [Anzahl]	23,4	-13,7	-8,9	-4,8	-23,4	-17,9	-10,0
Jahresniederschlag [mm]	949	-1,8%	+4,1%	+6,5%	-9,0%	+1,3%	+10,6%
Niederschlag hydrologischer Winter [mm]	443	-1,0%	+7,1%	+14,8%	-3,0%	+15,9%	+22,3%
Niederschlag hydrologischer Sommer [mm]	512	-5,8%	-0,7%	+3,4%	-18,3%	-9,4%	-0,9%
Tage mit Starkniederschlag [Anzahl]	3,6	+0,1	+0,7	+1,0	0,0	+0,9	+2,0

LU:W



Klimafolgen und Anpassung in den Handlungsfeldern





INDIKATOREN ZU KLIMAWANDELFOLGEN UND ANPASSUNG

Die im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Klimaveränderungen haben Folgewirkungen für Natur und Gesellschaft. Die Wirkungen, die sich in der Vergangenheit abzeichnen bzw. aktuell beobachten lassen, quantitativ zu beschreiben, ist Ziel dieses Berichtskapitels. Anhand von 32 Impact-Indikatoren lassen sich Ausmaß und Dynamik des Klimawandels in den neun Handlungsfeldern der Anpassungsstrategie Baden-Württemberg aufzeigen. Zusätzlich beschreiben 11 Response-Indikatoren die Umsetzung von Maßnahmen, die zur Anpassung ergriffen wurden, und Aktivitäten, die zwar nicht speziell durch die Klimawandelanpassung motiviert sind, aber den Anpassungsprozess unterstützen können.

ENTSTEHUNG DES INDIKATORENSYSTEMS

Der Einsatz und die Auswahl von Indikatoren orientieren sich an den Arbeiten, die auf Bundesebene erfolgten. Im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) wurden in einem mehr als fünfjährigen Prozess grundlegende methodische Arbeiten und Abstimmungen zum Einsatz von Indikatoren durchgeführt. Ein erster Monitoringbericht des Bundes wurde 2015 vom Umweltbundesamt veröffentlicht (UBA 2015). Das Indikatoren-system zur DAS konzentriert sich als Indikatoren-system des Bundes auf die Betrachtung von bundesweit auftretenden Klimawirkungen und auf bundesweit relevante Anpassungsmaßnahmen. Vor diesem Hintergrund konnten weder Methodik noch Auswahl eins zu eins übernommen werden. Es mussten Indikatoren gesucht werden, die für Baden-Württemberg relevant und verfügbar sind und die die typische Betroffenheit und Situation für das Land widerspiegeln können.

Im Zusammenhang mit der Auswahl von Indikatoren für Baden-Württemberg ist zu beachten:

- Das Monitoring von Klimafolgen und Anpassung ist eine neuartige Aufgabe, für die es bisher nur eingeschränkt spezifi-

sche Indikatoren mit langen Zeitreihen (> 30 Jahre) gibt. Deshalb mussten auch Indikatoren herangezogen werden, die nicht primär für die genannten Fragestellungen entwickelt und erhoben worden sind. Infolgedessen können beispielsweise Zeitreihen kurz oder lückenhaft sein. Auch die Repräsentanz von Indikatoren kann sich auf Teile Baden-Württembergs beschränken, wenn Daten nur räumlich begrenzt erhoben werden.

- Viele Klimawirkungen für zahlreiche Handlungsfelder können bislang nur qualitativ beschrieben und nicht statistisch analysiert werden. Dies kann unter anderem an kurzen Zeitreihen liegen oder aber auch an anderen Einflussgrößen, die neben dem Klima die Indikatorwerte bestimmen. Beispielsweise ist der Holzzuwachs nicht nur von Witterung und Klima, sondern auch von Bodenverhältnissen, Bewirtschaftungsweise, Stickstoffeinträgen etc. abhängig.
- Alle Indikatoren wurden analog dem Vorgehen bei der DAS einer Analyse unterzogen, ob sich ein statistisch eindeutiger Entwicklungstrend für den Indikator nachweisen lässt. Nur bei einer statistischen Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 5 % wurde in der Bewertung der Indikatoren von signifikanten Trends oder eindeutigen Trends gesprochen. Bei kurzen Zeitreihen oder bei diskontinuierlichen Extremereignissen war die Methodik nicht geeignet.

Grundsätzlich wurde angestrebt, mit vier bis fünf Indikatoren die neun Handlungsfelder gleichmäßig abzudecken. Bei der Prüfung der Indikatoren und der Datenverfügbarkeit wurde aber deutlich, dass bislang nicht für alle Handlungsfelder ausreichend Daten zur Verfügung stehen. Einige Handlungsfelder, wie Landwirtschaft oder Wald- und Forstwirtschaft, sind bereits gut aufgestellt. Andere, beispielsweise das Handlungsfeld Boden, verfügen noch nicht über genügend Datenmaterial. Die Indikatoren werden bislang ausschließlich aus bereits vorhandenen Datensätzen gene-

Kurz gesagt:

- 32 Impact- und 11 Response-Indikatoren beschreiben Klimawandelfolgen und Anpassung in Baden-Württemberg.
- Derzeitiges Indikatoren-set soll in Zukunft nach Nutzbarmachung weiterer Datenquellen um zusätzliche Indikatoren erweitert werden.



riert. Neue Datenerhebungen waren bisher nicht erforderlich, wohl aber teilweise neue Auswertungen von Daten. Im Wesentlichen basieren die Indikatoren auf behördlichen, in einzelnen Fällen aber auch auf nicht behördliche Daten.

Indikatoren für die Handlungsfelder

I = Impact-Indikator | R = Response-Indikator

Wald und Forstwirtschaft		
I-FW-1	Gefährdete Fichtenbestände	S. 30
I-FW-2	Holzzuwachs	S. 32
I-FW-3	Schadholzaufkommen nach Schadensursachen	S. 34
I-FW-4	Befall durch Borkenkäfer	S. 36
I-FW-5	Waldbrandgefährdung und Waldbrand	S. 38
R-FW-1	Zweckgebundene Rücklagen zur Risikominimierung	S. 40
R-FW-2	Mischbestände	S. 41
R-FW-3	Förderung und Finanzierung des Waldumbaus	S. 42
R-FW-4	Anpassungsspezifische Aus- und Fortbildung	S. 44
Landwirtschaft		
I-LW-1	Blüte von Winterraps	S. 48
I-LW-2	Ertragsschwankungen	S. 50
I-LW-3	Qualität von Ernteprodukten	S. 52
I-LW-4	Schaderregerbefall	S. 54
R-LW-1	Anbau wärmeliebender Ackerkulturen	S. 56
R-LW-2	Anbau wärmeliebender Sorten	S. 58
Boden		
I-BO-1	Bodenwasservorrat	S. 62
I-BO-2	Regenwurmfauna	S. 64
Naturschutz und Biodiversität		
I-NA-1	Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten	S. 68
I-NA-2	Ausbreitung wärmeliebender Insektenarten	S. 70
I-NA-3	Flechten als Klimawandelindikatoren	S. 72
Wasserhaushalt		
I-WH-1	Grundwasserstand und Quellschüttung	S. 76
I-WH-2	Hochwasser	S. 78
I-WH-3	Niedrigwasser	S. 80
I-WH-4	Sauerstoffgehalt im Bodensee	S. 82
R-WH-1	Gewässerstruktur	S. 84
R-WH-2	Investitionen in den Hochwasserschutz	S. 86
Tourismus		
I-TO-1	Tage mit Touristenklima	S. 90
I-TO-2	Saisonalität von Übernachtungen	S. 92
I-TO-3	Schneedecke für den Wintersport	S. 94
I-TO-4	Übernachtungen in Wintersportorten	S. 96
Gesundheit		
I-GE-1	Hitzebelastung	S. 100
I-GE-2	Ambrosiavorkommen	S. 102
I-GE-3	Überträger von Krankheitserregern	S. 104
Stadt- und Raumplanung		
I-SR-1	Gebäudeschäden durch Sturm und Hagel	S. 108
I-SR-2	Elementarschäden an Gebäuden	S. 110
I-SR-3	Wärmebelastung in Städten	S. 112
I-SR-4	Kühlgradtage	S. 114
R-SR-1	Anteil der Erholungsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Großstädten	S. 116
R-SR-2	Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsfläche	S. 118
Wirtschaft und Energiewirtschaft		
I-WE-1	Schiffbarkeit von Binnenschiffahrtsstraßen	S. 122
I-WE-2	Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung	S. 124
I-WE-3	Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung	S. 125
R-WE-1	Wasserverwendung der Wirtschaft	S. 126





Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft

INDIKATOREN

I-FW-1: Gefährdete Fichtenbestände

I-FW-2: Holzzuwachs

I-FW-3: Schadholzaufkommen nach Schadensursachen

I-FW-4: Befall durch Borkenkäfer

I-FW-5: Waldbrandgefährdung und Waldbrand

R-FW-1: Zweckgebundene Rücklagen zur Risikominimierung

R-FW-2: Mischbestände

R-FW-3: Förderung und Finanzierung des Waldumbaus

R-FW-4: Anpassungsspezifische Aus- und Fortbildung



Baden-Württemberg ist mit rund 1,4 Millionen Hektar Wald und einem Waldanteil von 38% an der Landesfläche eines der waldreichsten Bundesländer. Der Wald setzt sich zu 53% aus Nadelbäumen und zu 47% aus Laubbäumen zusammen.

Rund 40% des Waldes sind im Besitz der Kommunen. Im Durchschnitt verfügt jede der 1.100 Gemeinden des Landes über rund 500 Hektar Wald. Fast ebenso viel Waldfläche, nämlich 36%, ist in privater Hand. Etwa 24% der Waldfläche gehören als Staatswald dem Land Baden-Württemberg. Der Staatswald wird vom Landesbetrieb ForstBW nach dem Konzept der „Naturnahen Waldwirtschaft“ bewirtschaftet.

Holz aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern ist in Baden-Württemberg der wichtigste nachwachsende Rohstoff. In den letzten Jahren wurden jährlich etwa rund neun Millionen Kubikmeter Holz geerntet. Im Cluster „Forst und Holz“ wird in Baden-Württemberg ein Jahresumsatz von 31 Milliarden Euro erzielt. Bemerkenswert ist, dass über drei Viertel des in Baden-Württemberg eingeschlagenen Holzes im Land verbleiben. Mit 200.000 Beschäftigten in 29.000 Unternehmen ist die Forstwirtschaft vor allem im ländlichen Raum ein wichtiger Wirtschaftsfaktor.

Neben der nachhaltigen Produktion von Holz- und Nichtholzprodukten erfüllt der

Wald darüber hinaus zahlreiche wichtige ökologische Funktionen für den Schutz der Pflanzen und Tiere, des Wassers, der Luft, des Bodens, des Landschaftsbilds und des Klimas. In baden-württembergischen Wäldern sind deshalb 480.200 Hektar Vorrangflächen für den Naturschutz ausgewiesen. Das entspricht einem Anteil von 34,3% an der Gesamtwaldfläche. Außerdem spielt der Wald als Erholungsraum für die Bevölkerung eine herausragende Rolle.

Wälder sind sehr langlebige Ökosysteme, die an die Folgen des Klimawandels angepasst werden müssen. Aufgrund des hohen Tempos und des großen Ausmaßes des Klimawandels gehen Experten davon aus, dass die Wälder nicht mehr schnell genug auf die veränderten Rahmenbedingungen reagieren können. Neben der natürlichen Sukzession ist es im Wald aus diesem Grunde auch erforderlich, aktiv steuernd in das System einzugreifen.

Das Landeswaldgesetz Baden-Württemberg gibt die grundlegenden strategischen Ziele für eine Anpassung der Wälder an den Klimawandel vor. Übergeordnetes Ziel ist es, auch unter den veränderten Bedingungen des Klimawandels die Wälder zu erhalten und sicherzustellen, dass sie ihre vielfältigen Funktionen weiterhin erfüllen können.



Fichte – Sorgenkind der Forstwirtschaft

Bäume gehören mit einer möglichen Lebensdauer von über hundert Jahren zu den langlebigsten Pflanzen in Mitteleuropa. Erst im Alter von ca. 100 Jahren (Fichte) oder 140-160 Jahren (Buche) gelangen sie in das Nutzungsalter. Vor diesem Hintergrund und der ab Mitte des Jahrhunderts absehbaren noch

massiveren Temperatur- und Niederschlagsänderungen müssen bereits heute geeignete Baumarten gepflanzt werden.

Im Fokus der Klimafolgenbetrachtung steht immer wieder die Fichte, die ab dem Ende des 18. Jahrhundert nach einer großflächigen Ausplünderung der Wälder wegen ihrer hohen Wuchskraft, ihrer geringen Umtriebszeiten und geringen Ansprüche an die Nährstoffversorgung als „Brotbaumart“ galt. Sie wurde selbst auf Standorten etabliert, die ihren Ansprüchen an eher kühle und feuchte Bedingungen nicht gerecht werden. Die Fichte ist daher in allen Landesanteilen – mit Ausnahme des Oberrheingraben – stark vertreten. Als häufigste Baumart nimmt sie im Gesamtwald Baden-Württembergs eine Fläche von 450.782 Hektar ein, was einem Anteil von 34% entspricht. Mit dem Klimawandel kommt nun ein weiterer Risikofaktor ins Spiel. Vor allem auf Standorten, die sich heute ohnehin bereits an der Wärme- und Trockenheitsgrenze des Fichtenanbaus befinden, steigt mit zunehmenden Lufttemperaturen und Niederschlagsdefiziten das Anbaurisiko. Weitere Räume, die bislang als ertragreiche Anbauggebiete mit beherrschbarem Risiko für die Fichte gegolten haben, können sich in Zukunft als kritisch erweisen. Der zunehmende Temperatur- und Trockenheitsstress der Fichte äußert sich in der höheren Anfälligkeit gegenüber Schädlingen und Krankheitserregern oder in der geringeren Standfestigkeit bei Stürmen.

Die in den Jahren 1987, 2002 und 2012 in ganz Baden-Württemberg durchgeführte Waldinventur liefert Daten zum Vorkommen von Fichtenreinbeständen, das heißt von Beständen, in denen der Fichte nur maximal 10% andere Baumarten beigemischt sind. Diese Bestände lassen sich mit Daten zu Klimaverhältnissen, die zum jeweiligen Erfassungszeitraum in der jeweiligen Region geherrscht haben, überlagern. Diese Überlagerung macht





HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

deutlich, welche Fichtenbestände zum jeweiligen Zeitpunkt aufgrund zu warmer und zu trockener Verhältnisse als nicht standortgerecht einzustufen sind. Mit den sich ändernden Klimaverhältnissen verändert sich das Anbaurisiko für die Fichte. Das bedeutet, die Eignung ein- und desselben Fichtenstandorts kann im Jahr 1987 noch eine andere gewesen sein als 2012.

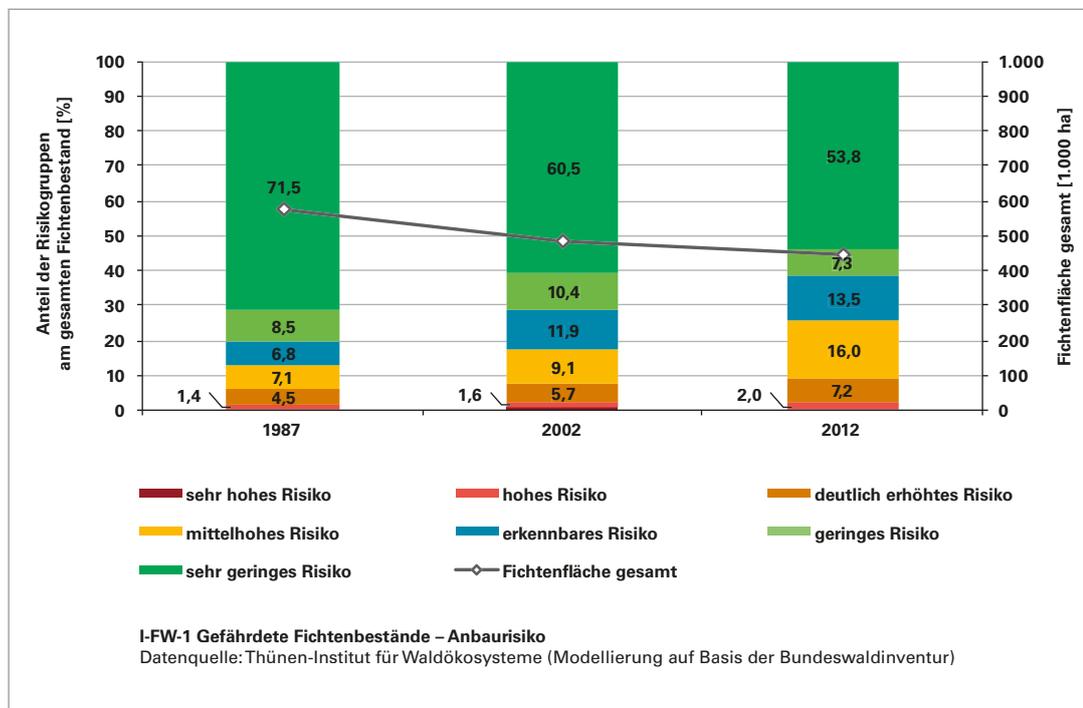
Die Ergebnisse der Analyse machen deutlich, dass die Gefährdung der Fichtenbestände trotz des erkennbar fortschreitenden Waldumbaus zunimmt. Lag der Anteil von Fichtenbeständen mit sehr geringem Risiko im Jahr 1987 noch bei ca. 71%, so sank dieser Wert bis 2012 auf knappe 54%. Im Gegenzug haben die Flächen mit sehr hohem, hohem und deutlich erhöhtem Risiko um mehr als 3,3 Prozentpunkte, die mit mittelhohem und

erkennbarem Risiko sogar um 15,7 Prozentpunkte zugenommen. Die absoluten Risikoflächen sind zwar in geringerem Umfang gewachsen, da die Fichtenfläche im gesamten Zeitraum als Folge von Bestandsschäden und gezieltem Waldumbau um 129.000 Hektar zurückgegangen ist, trotzdem ergibt sich aus dieser Analyse dringender Handlungsbedarf für den Waldumbau.

Dabei wäre es wünschenswert, den Waldumbau insbesondere in den Fichtenbeständen der höchsten Gefährdungsstufen zu forcieren. Schwerpunkträume stark gefährdeter Fichtenflächen sind alle Tieflagen, in den hohen Temperaturen mit geringen Niederschlägen zusammentreffen. Dies betrifft beispielsweise das gesamte Rheintal, den Kraichgau und die unteren Hanglagen der Mittelgebirge.

Kurz gesagt:

- Immer größere Flächen werden für den Fichtenanbau ungeeignet.
- Fichtenbestand mit sehr geringem Risiko ist von 71 % auf 54 % zurückgegangen.



QUERVERWEISE:

- ▶ R-FW-2: Mischbestände
- ▶ R-FW-3: Förderung und Finanzierung des Waldumbaus



Rückgang der Holzzuwächse

Der Holzzuwachs ist in Wirtschaftswäldern eine hochrelevante forstwirtschaftliche Größe, entscheidet er doch schlussendlich darüber, wie viel Holz unter Wahrung des Nachhaltigkeitsgrundsatzes geerntet werden kann. Der Klimawandel hat Auswirkungen auf den Holz- bzw. Biomassezuwachs der Waldbäume. Von wärmeren Temperaturen profitiert der Zuwachs von Bäumen, die auf kältelimitierten

Standorten stehen. Demgegenüber kann es auf anderen Waldstandorten zu heiß und zu trocken werden, was Zuwachseinbußen zur Folge hat. Stürme oder erhöhter Schädlingsbefall führen ebenfalls zum Rückgang der Holzzuwächse. Zusätzlich hängt der Volumenzuwachs der Bäume von vielen weiteren Faktoren wie der Bewirtschaftung ab. Düngende Effekte, beispielsweise durch eine erhöhte Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre und vermehrten Stickstoffeintrag, können sich positiv auf die Zuwachsraten auswirken.

Die im Beobachtungszeitraum 2002-2012 erzielten Holzzuwächse sind gegenüber dem vorangegangenen Zeitraum 1987-2002 insgesamt zurückgegangen. Die Situation ist jedoch bei den einzelnen Baumarten unterschiedlich. Stärkere Zuwachsrückgänge, um rund 20%, zeigen sich bei Buche, Kiefer und Fichte. Bei den anderen Baumarten ist die Veränderung gering.

Trendaussagen lassen sich auf der Grundlage der bisherigen zwei Untersuchungen, deren Intervall durch die Bundeswandinventur vorgegeben ist, noch nicht treffen. Zudem beeinflusst das Alter der Bäume ihren Zuwachs. Fichte und Kiefer verzeichnen ihren größten Zuwachs, wenn sie zwischen 20 und 40 Jahre alt sind. Mit zunehmendem Baumalter nehmen die Zuwächse kontinuierlich ab. Bei den Laubbäumen wird dieses Optimum erst nach 40 Jahren erreicht, wobei es baumartenspezifische Unterschiede gibt. Die Tanne verhält sich im Zuwachs grundsätzlich ähnlich wie die Laubbaumarten. Der in einem Zeitraum erzielte Zuwachs eines Baumbestands hängt daher eng mit dessen Altersklassenaufbau zusammen. Die Wälder waren in der Periode 2002-2012 durchschnittlich älter als im vorangegangenen Beobachtungszeitraum. Ein geringerer Zuwachs ist deshalb auch altersbedingt.





HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

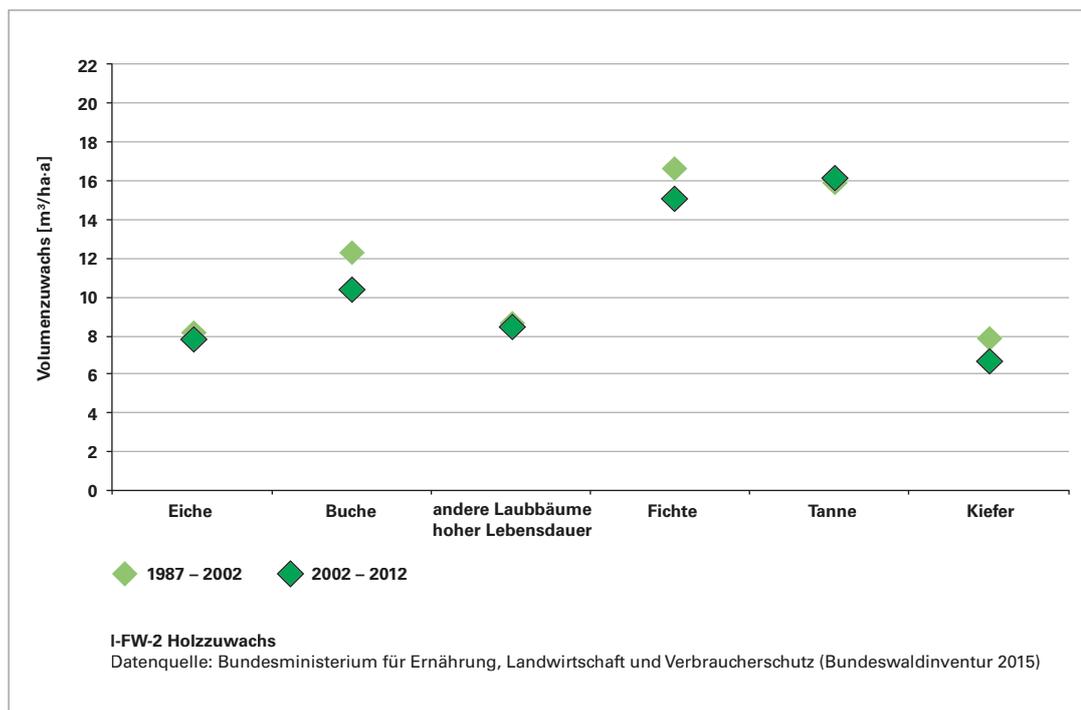
Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Standortwahl. Nach ihrer Bodenbeschaffenheit und Nährstoffverfügbarkeit unterscheidet man ertragsstärkere und ertragsschwächere Standorte. Gezielte Standortverlagerungen im Zuge des Managements können somit Auswirkungen auf die Zuwachsentwicklung der Baumarten haben.

Für den Gesamtzuwachs der Wälder in Baden-Württemberg ist die Baumartenzusammensetzung entscheidend. Zwangsläufig ergibt sich mit der Verschiebung zu einem höheren Laubbaumanteil ein Rückgang der Volumenzuwächse, da Laubbäume generell weniger zuwachsstark sind.

Trotz der beschriebenen Einflüsse von Altersklassenaufbau und Baumartenzusammensetzung können Jahre mit Witterungsextremen, vor allem ausgeprägte Trockenjahre, den erzielbaren Zuwachs beeinflussen. Solche Zuwachseinbußen können durch höhere Zuwächse in Jahren mit überdurchschnittlich günstigen Wachstumsbedingungen kompensiert werden. Leider lässt sich jedoch nicht sagen, ob und in welchem Umfang das Dürrejahr 2003 und dessen Folgewirkungen tatsächlich zu reduziertem Holzzuwachs im Beobachtungszeitraum 2002-2012 beigetragen haben. Langfristige Veränderungen können erst nach sehr langen Monitoringzeiträumen nachgewiesen werden.

Kurz gesagt:

- Die Volumenzuwächse sind zurückgegangen, der Beobachtungszeitraum ist für eine Bewertung aber noch zu kurz.



QUERVERWEISE:

- R-FW-2: Mischbestände
- I-FW-3: Schadholzaufkommen nach Schadensursachen



Extreme Stürme liefern viel Schadholz

Müssen infolge von Schadereignissen Bäume frühzeitig und außerplanmäßig aus den Beständen entfernt werden, spricht man von zufälligen Nutzungen. Waldbesitzer erleiden dadurch erhebliche finanzielle Verluste. Insbesondere bei großflächig auftretenden Schadereignissen, sinken die am Holzmarkt erzielbaren Preise. Zudem ist die Holzqualität aus solch geschädigten Beständen meistens

schlechter. Der Klimawandel erhöht das Risiko zufälliger Nutzungen, da die Bäume durch Trockenheit oder Hitze anfälliger für Schäden durch Stürme, Pilz- oder Insektenbefall sind.

Das Risiko zufälliger Nutzung ist den Waldbesitzenden und Waldbewirtschaftenden bewusst. Ein durchschnittlicher Anteil an zufälligen Nutzungen wird bei den Planungen daher immer einkalkuliert. Nicht absehbar sind hingegen große Schadereignisse, die es in der Vergangenheit immer wieder in unregelmäßigen Abständen gegeben hat.

Mit Blick auf die zurückliegenden Jahrzehnte wird deutlich, dass solche Extremereignisse, vor allem Stürme, die Entwicklung geprägt haben. Die extrem hohen Anteile zufälliger Nutzungen in den Jahren 1990 und 2000 sind auf die Orkane Wiebke Ende Februar 1990 und Lothar Ende Dezember 1999 zurückzuführen. Sie haben erhebliche Schäden in den Wäldern angerichtet. Die Folgen der Stürme wirken in der Regel auch noch Jahre nach dem Ereignis nach, denn die geschädigten Bestände bieten ideale Ausgangsbedingungen für die Entwicklung von Waldschädlingen. Im Falle von Lothar schlugen sich die Sturmfolgen bis in das Jahr 2003 in der Statistik nieder.

Noch lässt sich ein enger Zusammenhang zwischen dem Klimawandel und einem vermehrten Auftreten starker Stürme nicht zweifelsfrei nachweisen. Auch Szenarien zur künftigen Entwicklung von Sturmhäufigkeiten und -intensitäten sind nach wie vor mit großen Unsicherheiten behaftet, sodass sich künftige Risiken nicht befriedigend einschätzen lassen. Bislang wird davon ausgegangen, dass sich die Sturmhäufigkeit in Baden-Württemberg bis 2050 nicht ändern wird. Auch in Zukunft sind ähnlich schwere Stürme wie Lothar möglich.

Die bis Mitte der 1980er-Jahre hohen Anteile der „sonstigen zufälligen Nutzungen“ sind





HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

vor allem durch Schnee-, Duft- oder Eisbruch bedingt. Da die Bäume früher in einem engen Pflanzverband gepflanzt bzw. erzogen wurden, waren die Einzelbäume weniger stabil und sind leichter infolge von Schnee, Raureif oder Eis gebrochen. Teilweise sind dadurch ganze Bestände geschädigt worden.

Direkt mit dem Klimawandel verbundene Schäden wie Dürreschäden spielen bisher kaum eine Rolle. Dies liegt aber auch daran, dass sich diese bei der Erfassung nur schwer von anderen Schäden, beispielsweise Immissionsschäden, unterscheiden lassen.

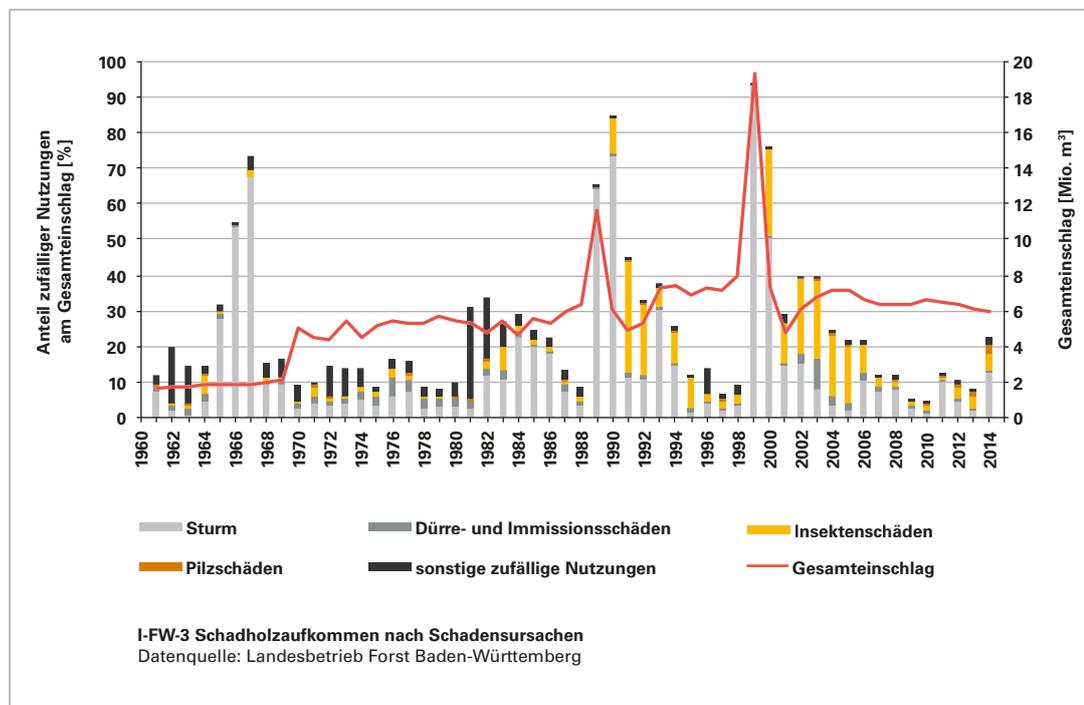
Sturmschäden treten schwerpunktmäßig in höheren Lagen wie im Schwarzwald und auf der Schwäbischen Alb auf, weil die Windgeschwindigkeiten mit der Höhe zunehmen. Betroffen sind aber auch Bestände auf Standorten, die für die Baumarten ungeeignet sind oder wo der Bestandsaufbau instabil ist. Schä-

den durch Schnee- und Eisbruch häufen sich ebenfalls in den höheren Lagen sowie an Hängen und in Mulden. Zu Insektenschäden kommt es vermehrt in Gebieten, in denen Fichte oder Eiche in der Bestockung dominiert und sich die Frühjahrsmonate durch trockene und überdurchschnittlich warme Witterung auszeichnen.

Gesunde Bäume, die an ihren Standort optimal angepasst sind, sind in der Regel gegenüber widrigen Einflüssen wie Stürmen, Insekten- oder Pilzbefall und bis zu einem gewissen Grad auch Trockenheit gut gewappnet. Klimaveränderungen zwingen zu einer Neubewertung der Standorteignung einzelner Baumarten und zum Umbau besonders anfälliger Bestände hin zu stabileren Wäldern. Dieser Prozess ist langwierig, so dass in den nächsten Jahrzehnten weiterhin das Risiko umfangreicher zufälliger Nutzungen besteht.

Kurz gesagt:

- Extreme Sturmereignisse bestimmen Schadholzaufkommen.
- Dürreschäden spielen bisher eine geringe Rolle.



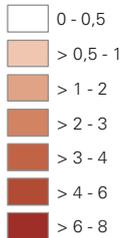
QUERVERWEISE:

- I-FW-4: Befall durch Borkenkäfer
- I-FW-1: Gefährdete Fichtenbestände

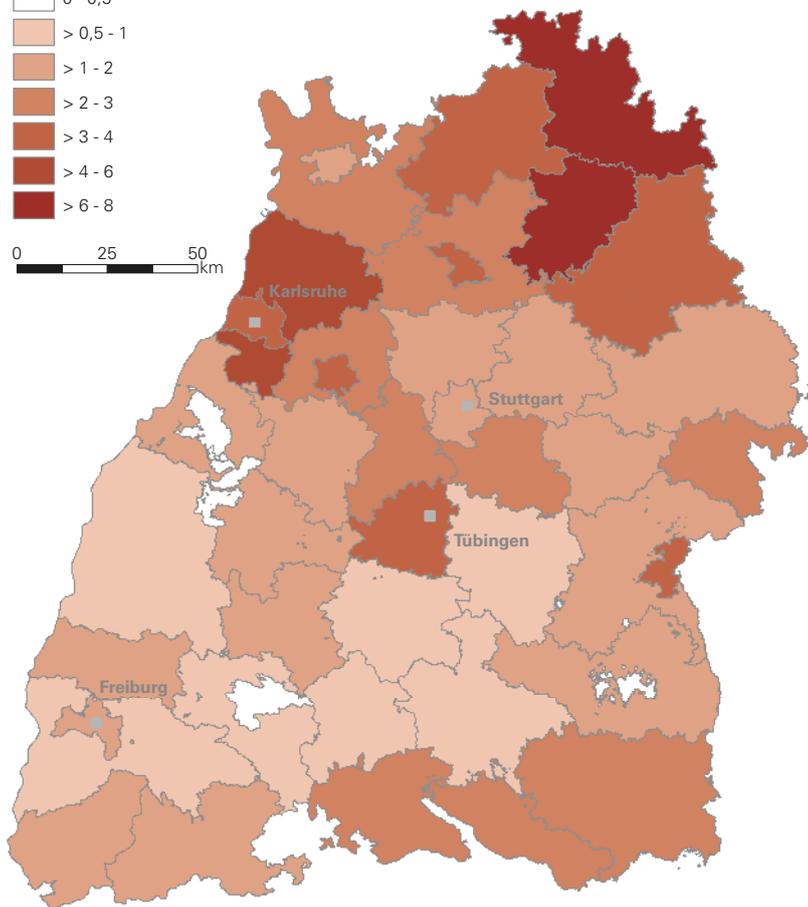


HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

Mittelwert 2006 - 2015 der Insektenholznutzung
bezogen auf die Fichtenfläche 2015, differenziert nach Forstbezirken
[Festmeter pro ha]



0 25 50 km



I-FW-4 Befall durch Borkenkäfer
Befallsintensität nach Forstbezirken

Grundlage: © LGL BW, FVA, ForstBW, LUBW



Borkenkäfer profitieren von Wärme und Trockenheit

Nach schweren Stürmen fürchten Forstwirte und Waldbesitzer den Borkenkäfer, denn viel frisches Schadholz bietet ideales Brutmaterial und damit günstige Bedingungen für dessen Massenvermehrung. Ausgehend von erfolgreichen Bruten in befallenem Schadholz kann sich der Befall auch auf die noch stehenden

Bäume ausbreiten. Bei Winterstürmen wie Kyrill im Januar 2007 zeigen sich die Folgen häufig noch im selben Jahr. Bei Sommerstürmen kommt es zumeist erst ab dem Folgejahr zu Massenvermehrungen.

Besonders gravierend sind die Auswirkungen, wenn sich nach Stürmen warm-trockene Witterung einstellt, denn diese begünstigt die Entwicklung und das Schwärmen der Käfer und schwächt gleichzeitig die Bäume. Insbesondere Wassermangel schwächt das Harzvermögen der Bäume und erleichtert damit den Käfern das Eindringen in die Rinde. Diese Konstellation ergab sich nach dem Sturm Wiebke 1990 und dem sehr trockenen Sommer 1991 (der August 1991 war in weiten Teilen Baden-Württembergs fast niederschlagsfrei) sowie nach Lothar 1999. In diesem Falle wurde der Schadenshöhepunkt im Jahr 2004, das heißt nach dem Hitzesommer 2003, erreicht.

Unabhängig von Stürmen können Massenvermehrungen auch dann auftreten, wenn bei ohnehin hohen Ausgangspopulationen das Frühjahr besonders trocken-warm ist und bereits die erste Käfergeneration im Jahr sehr intensiv schwärmen kann. Bei niedriger Ausgangspopulation und einem besonders warmen und trockenen (Spät-)Sommer ist das Risiko von Schäden zumindest im gleichen Jahr begrenzt. Die auffallend schweren Schäden im Jahr 1983 lassen sich auf die sommerlichen Temperaturrekorde in diesem Jahr zurückführen. Sehr trocken waren auch die Sommer 1976 und 2006.

Extremjahre infolge von Stürmen und Trockenheit prägen die Entwicklung der Zeitreihe seit 1971.

Ab 2008 ist die Schadholzmenge deutlich zurückgegangen, weil es nicht erneut zu Extremereignissen wie Sturmschäden oder Dürren gekommen ist. Zudem waren die Sommer





HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

eher feucht. Eine wichtige Rolle spielt außerdem, dass von forstlicher Seite ein konsequentes Borkenkäfer-Management betrieben wird. Das Borkenkäfer-Monitoring wurde ausgebaut und ist nun so gut organisiert, dass bei absehbar günstigen Vermehrungsbedingungen zeitnah Warnungen auf der Internetseite der Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt ausgesprochen werden. Wird in Wäldern bruttaugliches oder bereits vom Käfer befallenes Schadholz aufgefunden, wird es zur Prävention rasch und konsequent beseitigt. Der vergleichsweise gute Holzmarkt der letzten Jahre hat die erforderliche Aufarbeitung und rechtzeitige Abfuhr des Schadholzes dabei deutlich begünstigt. Der Anstieg der Käferpopulation in 2015 und die gegenüber den Vorjahren höhere Ausgangspopulation erhöht das Risiko für die Folgejahre.

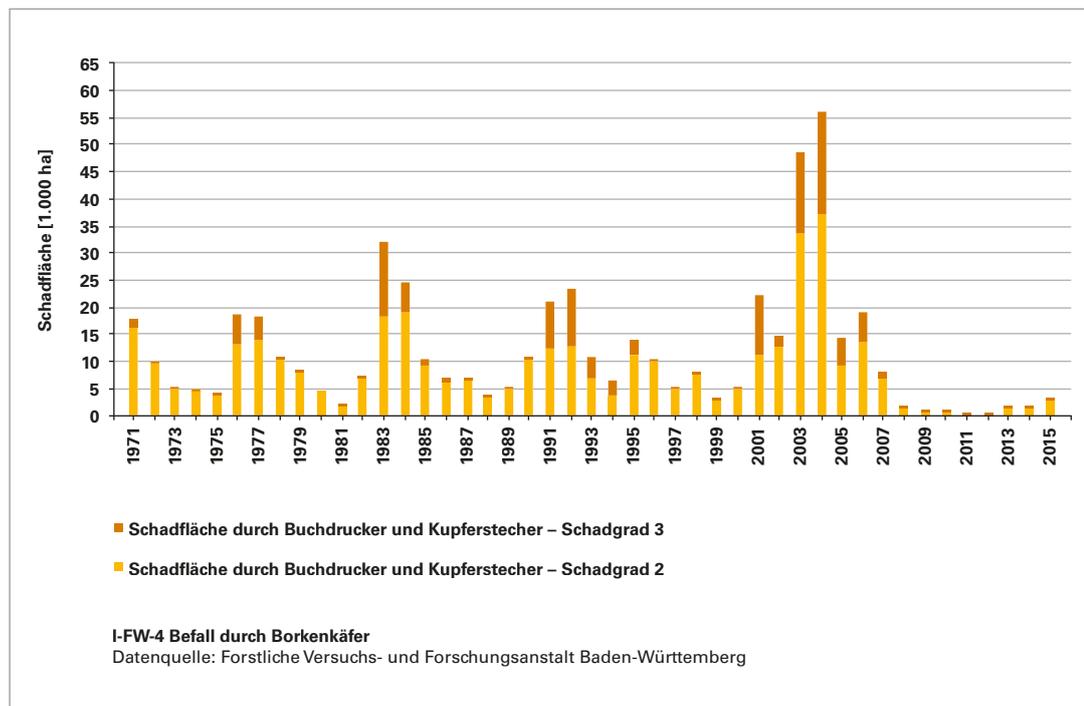
Die regional differenzierte Abbildung zum Schadholz durch Insektenbefall in den letzten zehn Jahren zeigt überwiegend hohe Be-

fallsintensitäten im Südosten und Nordosten des Landes, wo nach wie vor viel Fichte in nicht standortgerechten, tiefen Lagen stockt und das Risiko besonders in extrem trockenen und heißen Jahren erhöht ist. Letzteres gilt auch für den Raum Karlsruhe-Land. Die unterschiedliche Befallsintensität im Nord- und Südschwarzwald hängt teilweise mit regionalen Sturmschäden in der jüngeren Vergangenheit zusammen.

Im Zuge des Klimawandels können sich neben dem Borkenkäfer auch andere besonders wärmeliebende heimische und nicht-heimische Forstschädlinge wie der Schwammspinner, der Eichenprozessionsspinner und der Eichenprachtkäfer ausbreiten. Forstwirtschaftliche Probleme verursacht derzeit vor allem das durch Pilze verursachte Eschenriebsterben, weil die Esche aufgrund ihrer hohen Trockenheitstoleranz in Zeiten des Klimawandels an waldbaulicher Bedeutung gewonnen hat.

Kurz gesagt:

- Extreme Sturmereignisse sowie trockene und warme Witterung bestimmen Borkenkäferbefall.
- Ab 2008 geht Befall witterungsbedingt und durch konsequentes Borkenkäfer-Management deutlich zurück.
- Gefahr einer Ausbreitung wärmeliebender heimischer und nichtheimischer Forstschädlinge besteht.



QUERVERWEISE:

- I-FW-3: Schadholzaufkommen nach Schadensursachen



Höheres Waldbrandrisiko, aber nicht mehr Brände

In Baden-Württemberg lässt sich ein steigender Trend der Waldbrandgefahr seit den 1960er-Jahren beobachten. Besonders auffällig ist der Anstieg seit Anfang der 1990er-Jahre. Die aus meteorologischen Größen ermittelte Gefährdung wird für die Waldbrandsaison von Anfang März bis Mitte Oktober ermittelt.

In diesem Zeitraum erhöht trockene und heiße Witterung das Risiko, dass es zu Waldbränden kommt. Die Erhöhung der Waldbrandgefahr wird mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht, da die Lufttemperaturen steigen und die Niederschläge im Frühjahr und Sommer abnehmen.

Es bestimmt aber nicht die Witterung allein, ob es tatsächlich zu Waldbränden kommt. Eine große Rolle spielen fahrlässiges oder gar vorsätzliches Verhalten (Brandstiftung).

Insbesondere seit der Jahrtausendwende nimmt die witterungsbedingte Waldbrandgefahr zu. Gleichwohl kam es bisher aufgrund vorbeugender Maßnahmen sowie schneller und effektiver Bekämpfung nicht zu vermehrten und großflächigen Waldbränden.

Üblicherweise kommt es pro Jahr in Baden-Württemberg nur zu zehn bis 50 Einzelbränden. Auch die Brandflächen sind mit durchschnittlich 0,3 Hektar zumeist relativ klein. Im zeitlichen Verlauf des Jahres ist jedoch ein verstärktes Waldbrandaufkommen in den Monaten Juli und August statistisch auffällig. Die kleinen Waldbrandflächen deuten auf einen zeitnahen und effektiven Feuerwehreinsatz hin, durch den die Brände schnell gelöscht werden. Ausnahmen gab es bisher nur in sehr wenigen Jahren. So kam es beispielsweise 1997 zu einem größeren Waldbrand mit geschätzten 20 bis 25 Hektar im Forstamt Hausach. Hier hatte Funkenflug von glühenden Bremsen der Bahn einen Böschungsbrand ausgelöst, der sich rasch zu einem Bodenfeuer ausgebreitet hat.

Auch in einem Extremjahr wie 2003, in dem aufgrund des warmen und trockenen Sommers die Waldbrandgefahr hoch war und zusätzlich vermehrt Freizeitaktivitäten wie Grillen und Campen stattgefunden haben, konnte eine schnelle Brandbekämpfung durch die lokalen Feuerwehren gewährleistet werden.



HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

Es hat zwar mit 137 Bränden deutlich häufiger gebrannt, aber die Brandfläche betrug im Schnitt nur 0,23 Hektar.

Regionale Schwerpunkte des Waldbrandgeschehens liegen in Baden-Württemberg entlang der Rheinschiene von Lörrach über Freiburg bis Karlsruhe und Mannheim. Dieser Raum ist geprägt durch oft trockene Sandböden, die mit Nadelhölzern wie Kiefer bestockt sind. Geringe Jahresniederschlagsmengen und Westwinde führen hier schnell zu Austrocknung und erhöhen das Waldbrandrisiko.

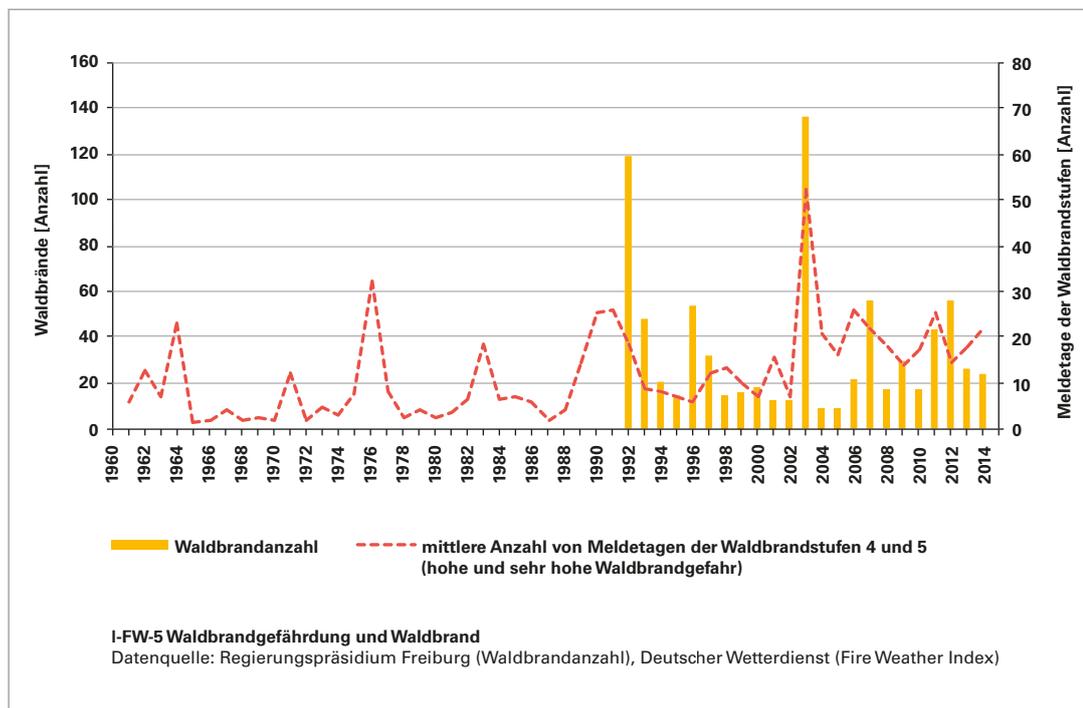
Im bundesweiten Vergleich liegt Baden-Württemberg mit der Anzahl der Waldbrände und Brandflächen im Mittelfeld. Bei den wirtschaft-

lichen Verlusten durch Waldbrände belegt das Land sogar die hinteren Ränge. Daher steht die Waldbrandthematik in Baden-Württemberg bisher nicht im Vordergrund. Von forstbehördlicher Seite sind auch für die nächsten Jahre keine spezifischen Ausgaben für Waldbrandvorbeugung und Kontrolle vorgesehen.

Unabhängig davon ist eine Aufklärung der Waldbesucher erforderlich, um die Risiken zu mindern. Der Waldbrandvorbeugung förderlich sind außerdem die laufenden Bemühungen um eine vermehrte Neubepflanzung von Böschungen und Hecken in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten. Diese sorgen für vermehrte Beschattung und Windruhe und in der Folge zu geringerer Austrocknung.

Kurz gesagt:

- Waldbrandrisiko steigt seit der Jahrtausendwende.
- Schnelle und effektive Brandbekämpfung konnten Schäden bislang begrenzen.





Rücklagen zur Risikominimierung

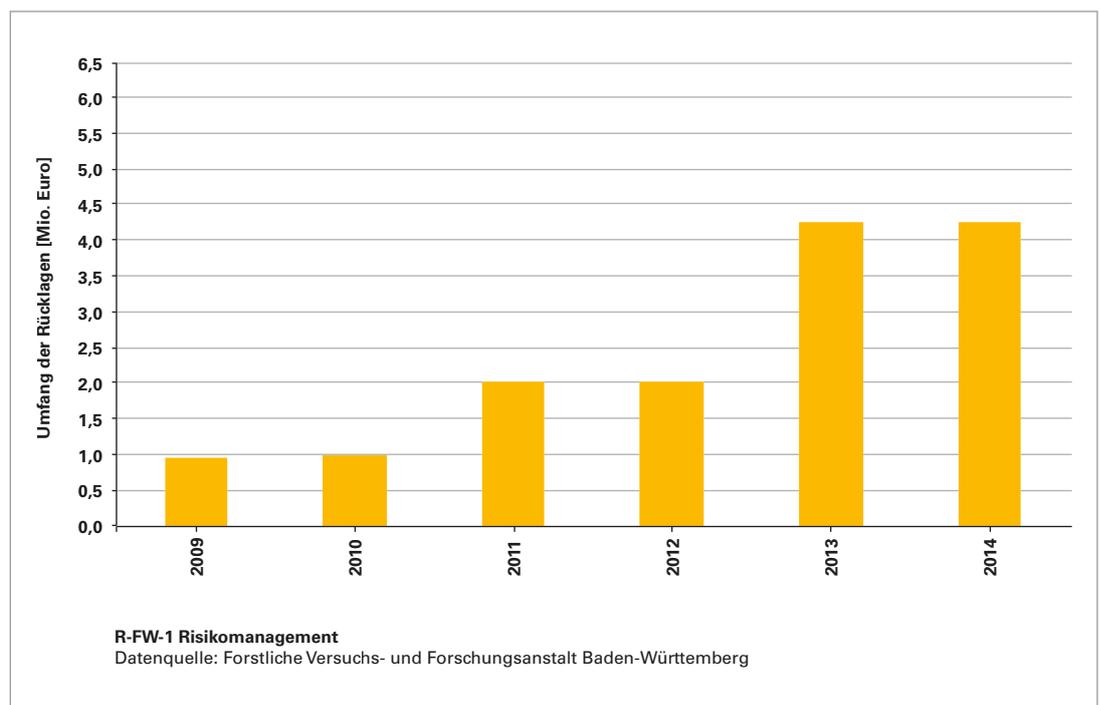
Kurz gesagt:

- Bis 2020 sollen Rücklagen im Wert von 5 Millionen Euro gebildet werden.
- Rücklagenbildung erfolgt schneller als geplant.

Seit dem Jahr 2009 bildet Baden-Württemberg für den Staatswald zweckgebundene Rücklagen, um gegenüber den Risiken für die Forstwirtschaft infolge des Klimawandels gewappnet zu sein. Ziel ist es, klimawandelbedingte Risiken stärker in das forstliche Planen und Handeln einzubeziehen. Mit den Mitteln lassen sich vorbeugende Maßnahmen eines verbesserten Risikomanagements finanzieren. Hierzu gehören in erster Linie der Waldumbau mit klimatoleranten Baumarten, aber auch Maßnahmen zur Bekämpfung invasiver Arten. Bis 2020 sollen Rücklagen im Wert von mehr als fünf Millionen Euro gebildet werden. Darüber hinaus sollen betriebliche Risikomanagement-Konzepte erarbeitet werden. Die Höhe der Rücklagenbildung im jeweiligen Jahr ist abhängig vom jährlichen Wirtschaftsergebnis des Landesbetriebs Forst Baden-Württemberg, das vor allem vom

Holzpreisniveau und der Höhe des jährlichen Holzeinschlags abhängig ist. Seit 2011 sorgt das relativ hohe Holzpreisniveau für anhaltend gute Wirtschaftsergebnisse, aus denen Rücklagen gebildet werden können. Das Finanzministerium, das letztendlich die Entscheidung über die Rücklagenbildung trifft, hat bisher die umfangreiche kontinuierliche Rücklagenbildung ermöglicht.

Da der Aufbau der Rücklagen über zehn Jahre hinweg erfolgen soll, erfordert dies rein rechnerisch pro Jahr eine Erhöhung der Rücklage um durchschnittlich 500.000 Euro. Die Rücklagenbildung erfolgte bisher aber deutlich schneller, sodass das Ziel möglicherweise schon vor 2020 erreicht wird. Derzeit lässt sich jedoch noch nicht beurteilen, ob die bereits erreichten 4,2 beziehungsweise die angestrebten 5 Millionen Euro Rücklagen ausreichen. Erstmals sind im Jahr 2016 auch Mittel aus den Rücklagen abgeflossen. Es wurden daraus Maßnahmen mit dem Ziel des Aufbaus stabiler Waldbestände mit klimatoleranten Baumarten finanziert.





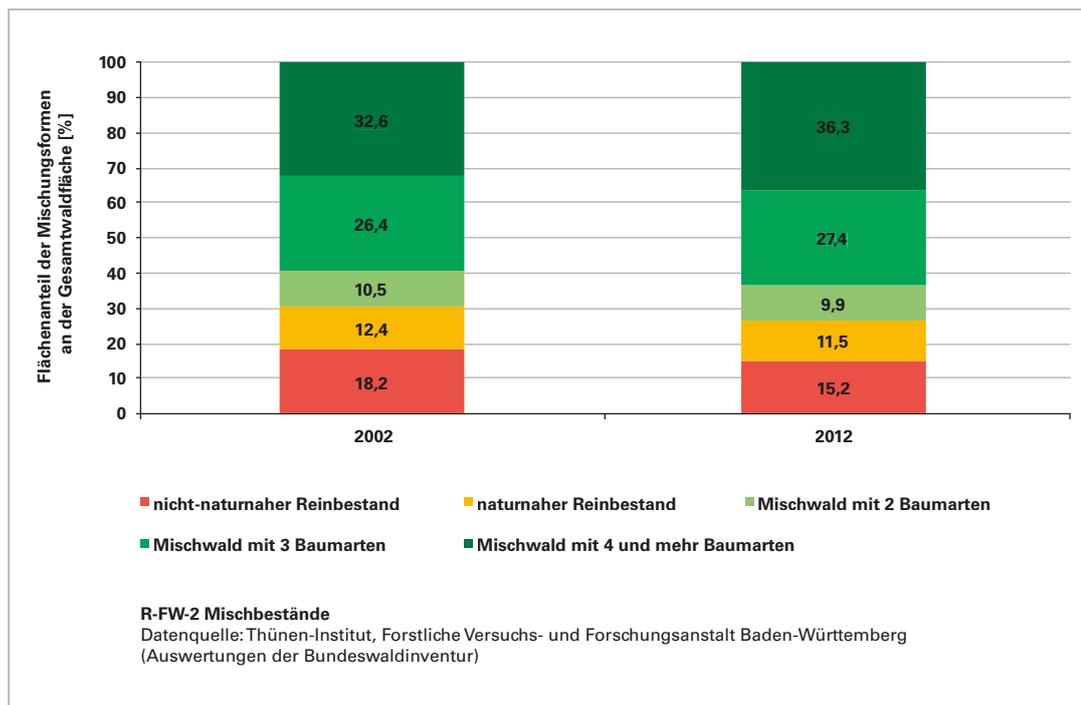
Gute Mischung

Eine stärkere Baumartenmischung und mehr Naturnähe sind erklärte Ziele der naturnahen Waldwirtschaft. Im öffentlichen Wald Baden-Württembergs ist diese Form der Waldbewirtschaftung gelebte forstliche Praxis. Besonders nach den großen Schäden durch die Orkane in den Jahren 1990 und 1999 gilt es, die Risiken und das Schadenspotenzial zu mindern. Eine wesentliche Strategie besteht in der Risikostreuung durch eine stärkere Baumartenmischung. Dadurch sollen mehrschichtige, stufige Bestandsaufbauten zu dauerwaldartigen und stabileren Beständen führen, die auch Widrigkeiten besser standhalten und Grundlage einer neuen Bestandsentwicklung werden können. Die Forstwirtschaft hat umfangreiche Möglichkeiten, mittels vorausschauender Planung die Artenzusammensetzung entsprechend zu beeinflussen und die Strukturentwicklung zu steuern.

Neben der regulären Waldentwicklung und dem Waldumbau kann es durch Extremereignisse zu einem flächigen Ausfall dominierender Baumarten wie der Fichte kommen. Diese Ereignisse sind zunächst zwar dramatisch, fördern aber auf lange Sicht die Baumartenmischung in den betroffenen Beständen. Andere Baumarten können die Freiräume nutzen oder Pionierwaldstadien können entstehen, aus denen sich stärker gemischte Bestände entwickeln können. Dem Risiko, dass sich unter bestimmten standörtlichen Bedingungen doch wieder wenige Baumarten durchsetzen, muss waldbaulich entgegengesteuert werden. Zwischen den letzten beiden landesweiten Waldinventuren 2002 und 2012 hat sich auf der gesamten Waldfläche in Baden-Württemberg die Baumartenmischung erhöht. Der Flächenanteil von Beständen, die sich aus drei und mehr Baumarten zusammensetzen, hat sich um fast fünf Prozentpunkte erhöht. Diese Entwicklung ist positiv zu bewerten und macht deutlich, dass die Bemühungen um einen Waldumbau bereits konkret messbare Ergebnisse zeigen.

Kurz gesagt:

- Mischwälder führen zu größerer Streuung des Risikos.
- Mischwaldanteil ist in ganz Baden-Württemberg angestiegen.



QUERVERWEISE

- I-FW-3: Schadholzaufkommen nach Schadensursachen



Gelder für den Waldumbau

Der Waldumbau in Baden-Württemberg wird in Abhängigkeit der Eigentumsverhältnisse aus verschiedenen Quellen finanziert. Im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) werden von der Europäischen Union, dem Bund und den Ländern Fördermittel für die Entwicklung ländlicher

Räume und für eine leistungsfähige Forstwirtschaft bereitgestellt. Aus diesen Mitteln werden im Privat- und Kommunalwald unter anderem Maßnahmen zur Umstellung auf naturnahe Waldwirtschaft, zum Waldumbau und zur Wiederaufforstung gefördert. Im Staatswald werden Waldumbaumaßnahmen aus Haushaltsmitteln finanziert.

Die Entwicklung des Finanzierungs- und Förderumfangs für den Waldumbau und die standortgerechte Wiederaufforstung ist über die Jahre schwankend und folgt vor allem den Erfordernissen nach großen Schadereignissen. So war die Entwicklung bis in die Jahre 2004/2005 noch immer von den unmittelbaren Sturmwurfschäden des Orkans Lothar und den Folgeschäden durch verstärkten Schaderregerbefall geprägt. Der Aufwand für die Wiederbewaldung war immens. Alle Maßnahmen zielten aber auf eine Verbesserung der Standortgerechtigkeit der Baumartenwahl und unterstützen damit die langfristige Anpassung der Wälder. Der erhebliche Anstieg finanzieller Aufwendungen nach größeren Schadereignissen macht deutlich, dass die Politik in diesen Extremsituationen Handlungsbereitschaft zeigt. Basierend auf bestehenden Förderrichtlinien werden außerplanmäßig umfangreiche Mittel bereitgestellt, um ergänzend zur natürlichen Sukzession zielgerichtet eine standortgerechte Wiederbewaldung zu ermöglichen.

Eine Aussage zur Waldfläche, auf der in den letzten 15 Jahren Maßnahmen des Waldumbaus und der Wiederbewaldung stattgefunden haben, lässt sich nicht treffen, da auf der gleichen Fläche auch über mehrere Jahre hinweg Maßnahmen finanziert werden können. Allein die im Spitzenjahr 2001 bearbeitete Waldfläche von über 8.000 Hektar entspricht aber immerhin 0,6% der damaligen Gesamtwaldfläche.





HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

Der zurückgegangene Finanzierungs- und Förderumfang seit 2005 ist vor diesem Hintergrund auch nicht negativ zu bewerten. Er ist vielmehr Ausdruck, dass in diesem Zeitraum eine planmäßige und kontinuierliche Tätigkeit der Forstbetriebe ungestört von erneuten Extremereignissen möglich und finanziell sichergestellt war. Die niedrigen Fördersummen in den Jahren 2014 und 2015 sind der Umstellung der Förderzeiträume geschuldet, die durch den Wechsel der EU-Förderperiode notwendig wurde. Im Jahr 2016 erfolgte wieder ein Anstieg der Fördersumme auf über 1,6 Millionen Euro.

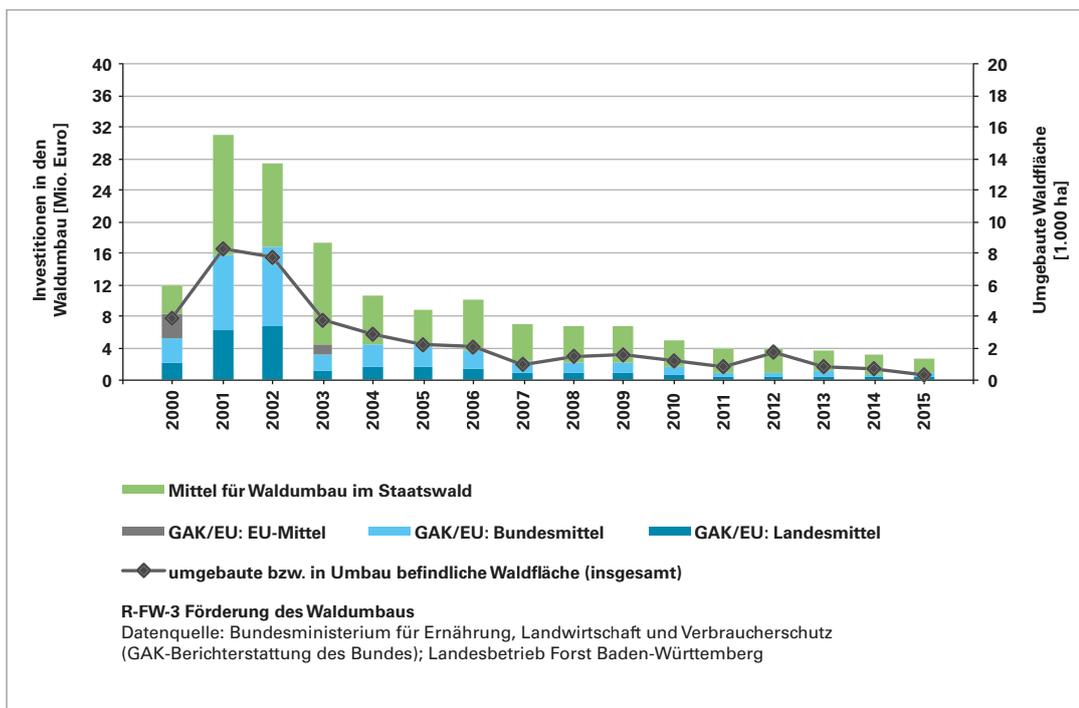
Zu diesem Anstieg haben sicherlich auch die Folgen des Eschentriebsterbens beigetragen, das in den letzten Jahren regional zunehmend bedeutsam wurde. Am stärksten vom Eschen-

triebsterben betroffen sind Kommunalwälder in der Oberrheinebene mit der Folge eines erhöhten finanziellen Aufwands für die Wiederbewaldung. Auf den betroffenen Standorten wird ein zielgerichteter Baumartenwechsel hin zu einem höheren Anteil der Stieleiche durch die Förderung begünstigt. Aktuelle Zahlen zur insgesamt umgebauten bzw. im Umbau befindlichen Waldfläche und zum Mittelumfang für den Waldumbau im Staatswald lagen für das Jahr 2016 bis zur Berichterlegung noch nicht vor.

Neben der Finanzierung und Förderung von Waldumbau und Wiederbewaldung kommt vor allem der Aus- und Fortbildung für einen standortgerechten und klimaangepassten Waldumbau eine bedeutende Rolle zu.

Kurz gesagt:

- Stürme und Folgeschäden verursachen zu Beginn der 2000er-Jahre hohen Finanzbedarf.
- Seit 2005 planmäßige Aufwendungen



QUERVERWEISE

- I-FW-3: Schadholzaufkommen nach Schadensursachen
- R-FW-4: Anpassungsspezifische Aus- und Fortbildung



Aus- und Fortbildung zur Anpassung

Trotz mittlerweile vorhandener wissenschaftlicher Erkenntnisse über die Folgen des Klimawandels im forstlichen Bereich bleibt der Transfer der wissenschaftlichen Erkenntnisse hin zur praktischen Anwendung in den Forstbetrieben eine Herausforderung. Dies hat verschiedene Ursachen. Nicht immer werden

wissenschaftliche Erkenntnisse allgemeinverständlich kommuniziert und ausreichend in praxistaugliche Maßnahmen „übersetzt“. Hinzu kommt, dass mittlerweile infolge des Strukturwandels viele Waldbesitzende, vor allem Kleinwaldbesitzende, ihren beruflichen Schwerpunkt außerhalb der Land- und Forstwirtschaft haben. Hiermit einher geht oftmals ein Wissensverlust über die Zusammenhänge biologischer Produktionsprozesse im Allgemeinen und deren zunehmenden Wechselwirkungen mit dem Klimawandel im Besonderen.

Aufgrund der Besitzartenverteilung in Baden-Württemberg spielen alle drei Waldbesitzarten (Staats-, Kommunal- und Privatwald) für den Waldbau und die Anpassung der Wälder an den Klimawandel eine bedeutende Rolle. Eine mangelnde Anpassung der Wälder an den Klimawandel wird zu einem Verlust an Waldfunktionen, konkret der Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen, führen. Da der Erhaltung und Verbesserung der Waldfunktionen ein hohes gesellschaftliches Interesse zukommt, stellt die Forstverwaltung den privaten und kommunalen Forstbetrieben ein umfangreiches Beratungs- und Betreuungsangebot zur Verfügung. Es soll sie darin unterstützen, die Wälder so zu bewirtschaften, dass die Waldfunktionen nachhaltig erhalten bleiben.

Seit 2011 werden zudem für Privatwaldbesitzende Seminare speziell zum Thema Auswirkungen des Klimawandels auf die Forstwirtschaft beim Forstlichen Bildungszentrum Karlsruhe angeboten. Dieses Angebot wird ab 2017 durch eine Veranstaltung für Kommunalbetriebe ergänzt. Zur weiteren Stärkung der Kompetenz von Privatwaldbesitzerinnen und -besitzern im Umgang mit dem Klimawandel wurde das Kompetenz-Netzwerk Klimawandel, Krisenmanagement und Transformation von Waldökosystemen (KoNeKKTiW) gegründet. Die KoNeKKTiW





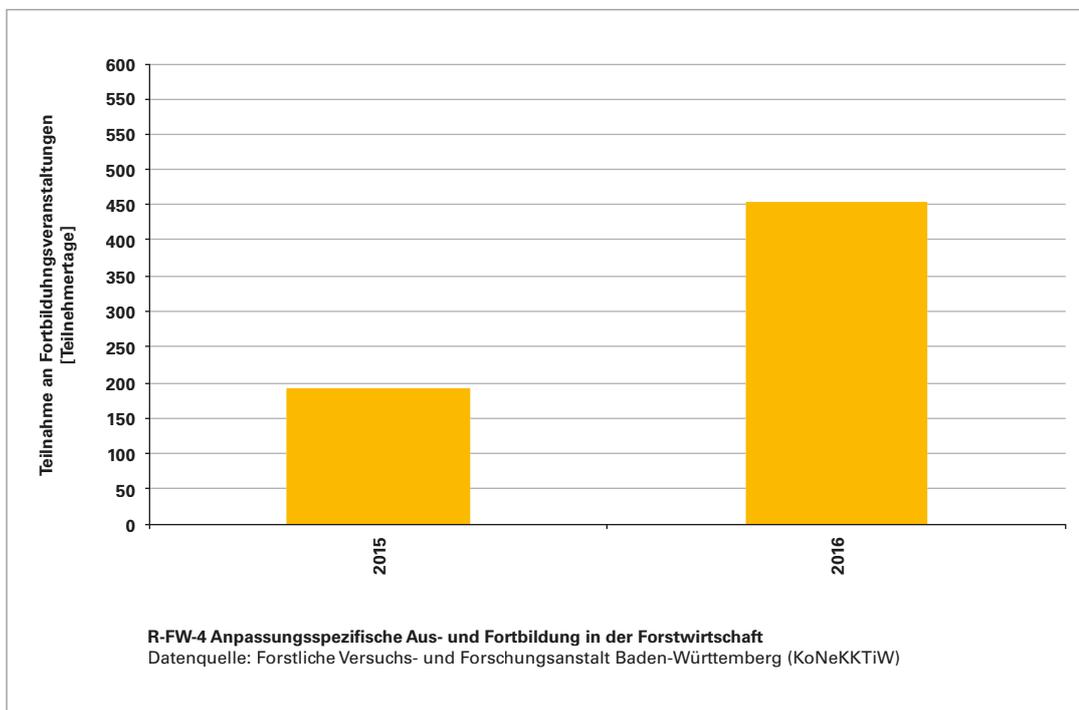
HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

TiW-Veranstaltungen starteten im Jahr 2015. Es wurden in Kooperation mit dem Forstlichen Bildungszentrum drei Veranstaltungen zur Fichtenbewirtschaftung in Zeiten des Klimawandels, zu Umgang mit neuen und alten Schädlingen sowie zu den Auswirkungen des

Klimawandels auf den Wald in Baden-Württemberg durchgeführt. Im Jahr 2016 hat zusätzlich eine Veranstaltung zu Laubholzbewirtschaftung und Risikomanagement stattgefunden. Darüber hinaus gab es mehrere Schulungsangebote.

Kurz gesagt:

- Ein Angebot von Informationsveranstaltungen zu allen Waldbesitzarten wurde eingerichtet.
- Die Teilnehmerge bei Aus- und Fortbildungsveranstaltungen sind von 2015 auf 2016 gestiegen.





Handlungsfeld Landwirtschaft

INDIKATOREN

I-LW-1: Blüte von Winterraps

I-LW-2: Ertragsschwankungen

I-LW-3: Qualität von Ernteprodukten

I-LW-4: Schaderregerbefall

R-LW-1: Anbau wärmeliebender Ackerkulturen

R-LW-2: Anbau wärmeliebender Sorten



Die Landwirtschaft ist sehr unmittelbar von den Folgen des Klimawandels betroffen. Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse bilden neben den Böden die wichtigsten Rahmenbedingungen für die landwirtschaftliche Produktion. Einfluss auf die Anbaubedingungen und die Produktionsmöglichkeiten nehmen sowohl klimatische Änderungen als auch Wetter- und Witterungsextreme wie Hagel, Überschwemmungen, Stürme, Trockenheit und Hitze. An die klimatischen Veränderungen können sich einige landwirtschaftliche Betriebe vergleichsweise gut anpassen, denn besonders auf dem Ackerland sind flexible Anpassungen der Kulturartenwahl und der Fruchtfolge von Jahr zu Jahr möglich. Problematischer sind die Extreme. Sie können zu erheblichen wirtschaftlichen Verlusten führen.

Die Landwirtschaft in Baden-Württemberg bewirtschaftete im Jahr 2015 45,4% der Landesfläche. In den letzten zehn Jahren war die landwirtschaftlich genutzte Fläche mit knapp 1,5% leicht rückläufig. Auf 58% der landwirtschaftlich genutzten Fläche wird Ackerbau, auf 38,5% Grünlandnutzung betrieben. 1,5% sind Obstkulturen und 1,7% Rebland. Mit diesen vom Umfang her kleinen Obst- und Reblächen wird aber eine überdurchschnittliche Bruttowertschöpfung erreicht. Die baden-württembergischen Obst- und Weinbauern erwirtschaften sogar etwa ein Viertel des gesamtdeutschen Produktionswerts für diese Kulturen.

Der Ackerbau hat große Bedeutung im nördlichen Rheintal, im Kraichgau, im Norden und in den Gäulandschaften. Mit zunehmender Höhenlage erhöht sich der Anteil an Grünland, das in den Mittelgebirgen und im Allgäu dominiert. Der Obstbau ist am Bodensee, in der Oberrheinebene sowie in der Region Stuttgart-Heilbronn stark vertreten. Schwerpunkte des Weinbaus finden sich am Oberrhein vom Markgräfler Land bis zur Ortenau, um Heilbronn und Stuttgart sowie in Tauberfranken.

Für die Anpassung an den Klimawandel ist jeder einzelne landwirtschaftliche Betrieb als Einzelakteur anzusehen, der im Rahmen seiner betrieblichen Möglichkeiten Anpassungsoptionen abwägt und eigenständige Entscheidungen trifft. Allerdings ist gerade im landwirtschaftlichen Bereich zu berücksichtigen, dass diese Entscheidungen auch in erheblichem Maße von den Marktbedingungen sowie den Agrarzahlungen und -förderungen mitbestimmt werden.

Die Handlungsmöglichkeiten des Landes selbst sind begrenzt, hängen doch auch wichtige förderpolitische Rahmenbedingungen von Entscheidungen auf der EU- und Bundesebene ab. Die Beratungsinstitutionen und Landesanstalten können die Landwirte, Obst- und Weinbauern bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen unterstützen, zum Beispiel indem Forschung und Technologieentwicklung verstärkt auf die Anpassungserfordernisse ausgerichtet werden.



Vegetationsperiode wird länger

Landwirtschaft Betreibende reagieren seit jeher auf klimatische Rahmenbedingungen und die aktuellen Witterungsverhältnisse. Sie wählen daran angepasst die zu kultivierenden Fruchtarten aus und legen Zeitpunkte für Bodenbearbeitung, Saat, Düngung, Pflanzenschutz und Ernte fest. Infolge wärmerer Frühjahrstemperaturen verlängert sich mit dem Klimawandel die Vegetationszeit, das heißt

die Zeit, in der auch landwirtschaftliche Kulturen wachsen und reifen. Der Blühzeitpunkt von Winterraps ist ein gutes Indiz, um die Einflüsse klimatischer Veränderungen auf die landwirtschaftlichen Kulturen abzubilden. Der Winterraps wird im Vorjahr gesät und entwickelt sich im Frühjahr des Folgejahres zunächst ohne steuernde Eingriffe durch den Landwirt rein witterungsgesteuert. Die in den Monaten Februar bis April erreichte Temperatursumme ist dabei ein bestimmender Faktor für das Einsetzen der Blüte.

Es lässt sich inzwischen ein Trend zu einer immer früher im Jahreslauf einsetzenden Blüte von Winterraps erkennen. Seit Ende der 1980er- bzw. Anfang der 1990er-Jahre, dem Beginn deutlich steigender Durchschnittstemperaturen in Baden-Württemberg, ist diese Entwicklung sehr augenfällig. Dieser Trend vollzieht sich in ganz Baden-Württemberg in vergleichbarer Weise. In der besonders warmen Rheinebene und den Nebentälern blühte der Raps im Zeitraum 1961-1990 in der Regel Ende April, seit 2006 bereits Mitte April. Auf der kälteren Schwäbischen Alb verschob sich der Zeitpunkt der Blüte im selben Zeitraum von Mitte Mai auf Ende April. Auffallend ist, dass sich die Blühzeitpunkte seit Anfang des neuen Jahrtausends in den beiden betrachteten Räumen einander anzunähern scheinen. Möglicherweise kommt hier ein zusätzlicher Faktor ins Spiel, der die Entwicklung der Zeitreihe in Zukunft beeinflussen könnte: Raps braucht zur Einleitung der Blüte eine bestimmte Mindesttageslänge, was bedeutet, dass sich der Blühbeginn auch bei steigenden Temperaturen nicht unbegrenzt im Jahr nach vorne verschieben wird, sondern ein Grenzwert erreicht wird.

Jahre mit extremen Witterungsverhältnissen schlagen sich ebenso in der Zeitreihe nieder. So steht der späte Blühbeginn im Jahr 1962 im Zusammenhang mit einem kalten Frühjahr. Die Mitteltemperatur der Monate März





HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

bis Mai erreichte nur 7,0°C. Das Frühjahr 1984 blieb bis zum letzten Aprildrittel kalt und nass. Demgegenüber waren die Frühjahre 1966 und 1974 mit 9,3°C vergleichsweise warm, weshalb sich die Blüte zeitlich nach vorne geschoben hat. Im Jahr 2007 folgte dem wärmsten Winter seit Beginn flächendeckender Aufzeichnungen ein sehr trockener April mit sommerlichen Temperaturen. Im Jahr 2014 begünstigte ungewöhnlich warmes und trockenes Wetter von Februar bis April eine frühe Rapsblüte.

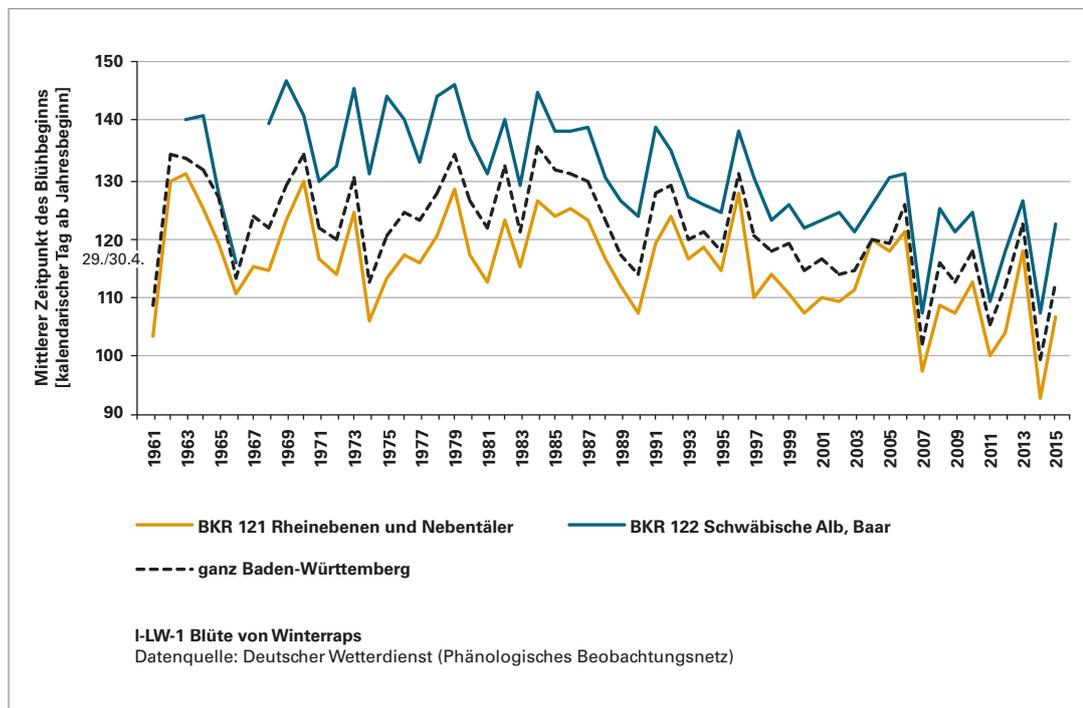
Neben dem klimatischen Einfluss haben auch die Sortenzüchtung und -wahl Einfluss auf den Blühzeitpunkt. Mit der Wahl früh blühender Sorten verbinden die Landwirtinnen und Landwirte die Hoffnung, dass der Raps

früher abreift und der Rapserttrag nicht so stark durch sommerliche Hitze und Trockenheit geschmälert wird. Diese Entscheidung kann als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel mit wärmeren Frühjahrstemperaturen, vermehrter Hitze und Trockenheit interpretiert werden.

Eine frühere Blüte bedeutet nicht zwangsläufig eine frühere Ernte. Die Verlängerung der Vegetationsperiode ist für die Ertragsentwicklung hingegen positiv zu werten. Als günstig erweist sich insbesondere, dass Pflanzen bei milderem Frühjahrstemperaturen die aus dem Winter verbliebene Bodenfeuchte früher und damit insgesamt länger nutzen können. Eine Verfrühung der Blüte bedeutet aber auch eine steigende Gefahr von Spätfrostschäden.

Kurz gesagt:

- Die Vegetationsperiode hat sich aufgrund des Klimawandels verlängert.
- Winterraps blüht in allen Landesteilen immer früher.



QUERVERWEISE:

- I-NA-1: Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten
- I-LW-2: Ertragschwankungen



Schwierige Planung bei Ertragsschwankungen

Der Einfluss des Klimawandels auf die landwirtschaftlichen Erträge ist weltweit ein viel diskutiertes Thema. Mit Blick auf Baden-Württemberg waren in der Vergangenheit die Pflanzenzüchtung und die produktionstechnischen Fortschritte die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Ertragsentwicklung. Sie haben in

den letzten Jahrzehnten die landwirtschaftlichen Erträge bei den meisten Kulturarten in Deutschland generell ansteigen lassen. Die Erträge beim Winterweizen, einer der ökonomisch bedeutendsten landwirtschaftlichen Kulturen, sind in Baden-Württemberg seit 1980 bis heute angestiegen. Allerdings flacht der Anstieg im letzten Jahrzehnt etwas ab.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Entwicklung der Erträge sind differenziert zu bewerten. Einerseits steigern eine verlängerte Vegetationsperiode und höhere Temperatursummen verbunden mit CO₂-Düngeeffekten die Erträge, andererseits führen Trockenstress oder Extremereignisse wie Stürme, Starkregen, Hagel oder auch Überschwemmungen dazu, dass Ertragserwartungen nicht erfüllt werden.

Untersuchungen in Baden-Württemberg zu den Zusammenhängen von Ertragsentwicklung und Klimaparametern haben gezeigt, dass der Temperaturanstieg der letzten Jahrzehnte zumindest keinen negativen Einfluss auf die Erträge gehabt hat. In kühleren Landkreisen ist sogar eher von einem positiven Effekt auf die Erträge besonders von Getreide auszugehen. Mit der Klimaerwärmung steigt allerdings auch die Wahrscheinlichkeit von Hitze- und Trockenperioden. Diese Ereignisse waren bisher noch nicht häufig bzw. extrem genug, um einen Trend im Sinne einer generellen Ertragsminderung zu hinterlassen. Dennoch gibt es bereits Hinweise, dass Grenzen in der Hitzebelastung zumindest regional und bei manchen Kulturen erreicht werden. Besonders kritisch wird es, wenn sehr hohe Temperaturen in Kombination mit Trockenheit auftreten. Silomais fällt durch seine hohe Empfindlichkeit gegenüber Hitze und Trockenheit auf. Dies kann auch eine Ursache dafür sein, dass die Maiserträge im Gegensatz zum Weizen schon seit Jahrzehnten stagnieren.

Im Gegensatz zur langjährigen Entwicklung der absoluten Ertragshöhen stehen die





HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

Schwankungen zwischen den Jahren in einem engeren Zusammenhang mit den Witterungsbedingungen. Voraussichtlich stellen diese interannuellen Schwankungen die Landwirtschaft in Zukunft vor größere Herausforderungen als die langfristigen Klimatrends. Auf letztere können sich die landwirtschaftlichen Betriebe über eine allmähliche Umstellung beispielsweise der Saat- und Pflanzzeitpunkte, der Sortenwahl und der Produktionstechniken verhältnismäßig gut einstellen. Eine Anpassung an stark wechselnde Witterungsbedingungen, die mit dem Klimawandel zu erwarten sind, ist hingegen deutlich schwieriger.

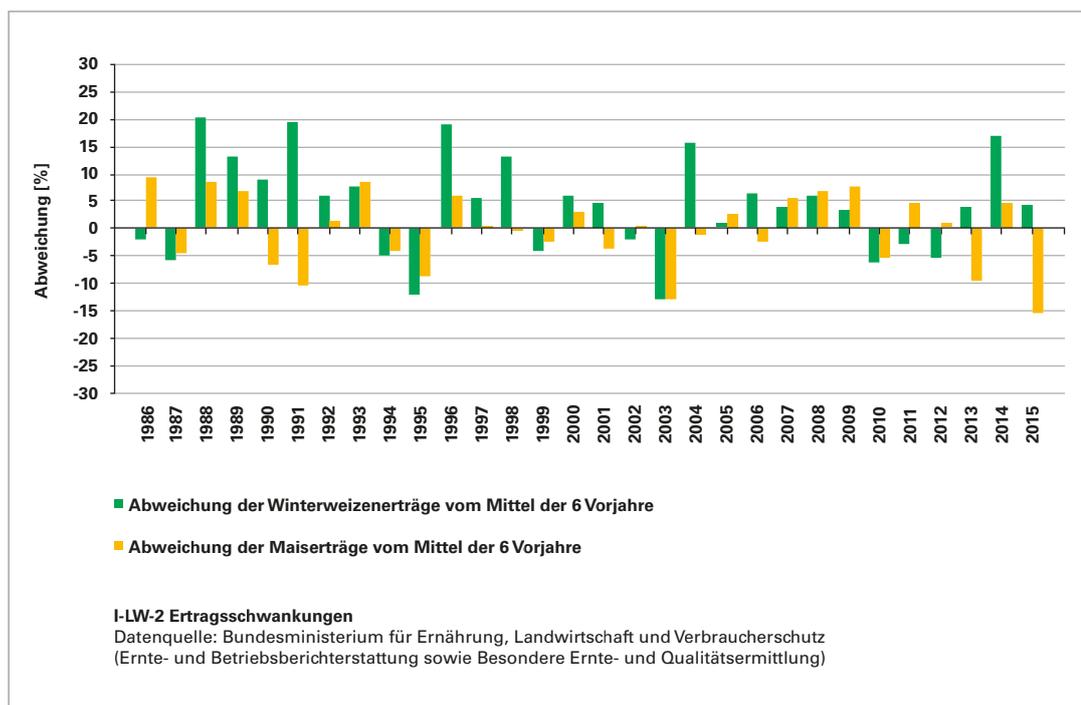
Die Ursachen für Ertragseinbrüche können sehr verschieden sein: Kahlfröste im Winter, Dürre im Frühjahr oder Sommer, zu hohe Feuchtigkeit oder Überschwemmungen während der Reifephase oder der Erntezeit. Das Jahr 2003 war mit seinen Rekorden an hohen Temperaturen und niedrigen Bodenfeuchten im Juni und August sowohl für den Weizen als auch den Mais ein besonders schlechtes Jahr.

So lag im Trockenjahr 2003 der sektorale Weizenenertrag in Baden-Württemberg rund 13% unter dem durchschnittlichen Ertrag der vorangegangenen sechs Jahre. Die Ertragseinbußen fielen jedoch regional sehr unterschiedlich aus. Das Folgejahr 2004 war ein ideales Getreidejahr mit einem eher kühlen Sommer und ausreichenden Niederschlägen, aber einer trockenen Phase zur Ernte. 2014 war insgesamt warm ohne ausgeprägte Hitzephasen. Einem trockenen Frühjahr folgte ein eher nasser Sommer mit zum Teil schwierigen Erntebedingungen. Dennoch konnte eine sehr gute Getreideernte eingefahren werden. Die Hitze und Trockenheit im Juli des Jahres 2015 war für den Mais mit spürbaren Ertragseinbrüchen von ca. 15% verbunden.

Hinsichtlich der Ertragsschwankungen lässt sich bisher noch kein Trend erkennen, da Extremjahre noch zu selten waren. Mit fortschreitendem Klimawandel ist zu erwarten, dass Extremereignisse zunehmen und infolgedessen Ertragseinbrüche häufiger werden.

Kurz gesagt:

- Temperaturanstieg der letzten Jahrzehnte hatte keinen Einfluss auf langfristige Ertragstrends.
- Regional und kulturspezifisch sind Hitzebelastung und Trockenheit schon grenzwertig.
- Jährliche Witterungsschwankungen sind kritischer für Erträge als langfristige Klimatrends.



QUERVERWEISE:

- I-LW-1: Blüte von Winterraps



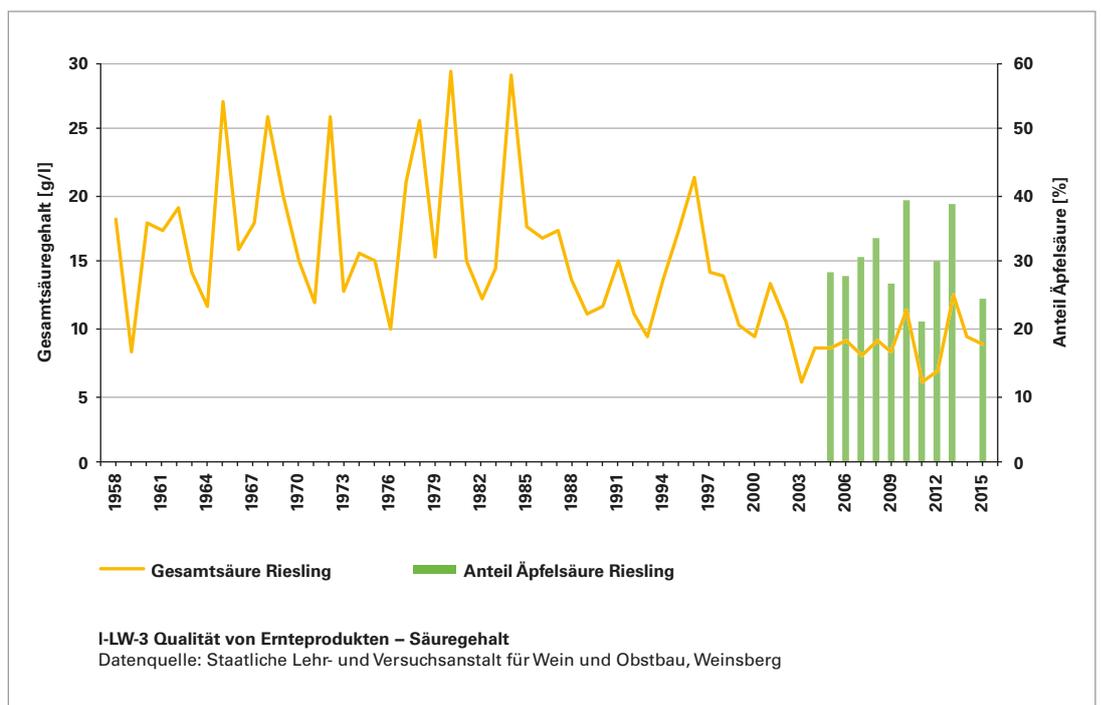
Wird der Riesling ein Opfer des Klimawandels?

Klima- und Witterungsverhältnisse können hohen Einfluss auf die Qualität von Ernteprodukten nehmen. Bei kaum einem Nahrungs- oder Genussmittel ist die Qualität so relevant wie beim Wein. Die klimatischen Bedingungen spielen dabei eine wesentliche, wenn auch nicht alles entscheidende Rolle. Die Produktionstechniken haben ebenso einen starken Einfluss auf die Qualität.

Wichtige Qualitätsparameter sind das Mostgewicht und die Säurewerte, die die Aromatik eines Weins prägen. Hohe Mostgewichte ermöglichen einen hohen natürlichen potenziellen Alkoholgehalt der Weine und sind bei Rotweinen für die geschmackliche Nachhaltigkeit verantwortlich. Beim Weißwein werden hingegen moderate Alkoholgehalte nach-

gefragt. Säuregehalt und Mostgewicht verändern sich in Abhängigkeit der klimatischen Bedingungen und Witterungsverhältnisse, wobei sie sich gegenläufig entwickeln. Generell ist die Bildung von Säuren und Zucker an die Wasserversorgung der Rebe während der gesamten Vegetationszeit und den Strahlungsgenuss im Reifezeitraum gekoppelt. Zu Reifebeginn kommt es zu einem Abbau der Gesamtsäure und durch Zuckereinlagerung zu einer Veränderung des Zucker-Säure-Verhältnisses. Hohe Temperaturen fördern diesen Prozess. Zusätzlich verschiebt sich das qualitätsbestimmende Verhältnis von Wein- und Äpfelsäure. Vor allem der Abbau der Äpfelsäure vollzieht sich bei hoher Temperatur beschleunigt, weshalb die Gehalte von Äpfel- und Weinsäure zur Zeit der Lese je nach Jahr stark schwanken können.

Bei Beobachtungen der Staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt für Wein und Obstbau in Weinsberg zeichnen sich bereits Trends ab. Die Gesamtsäure des Rieslings nimmt ab, während die Mostgewichte sowohl von Riesling als auch





HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

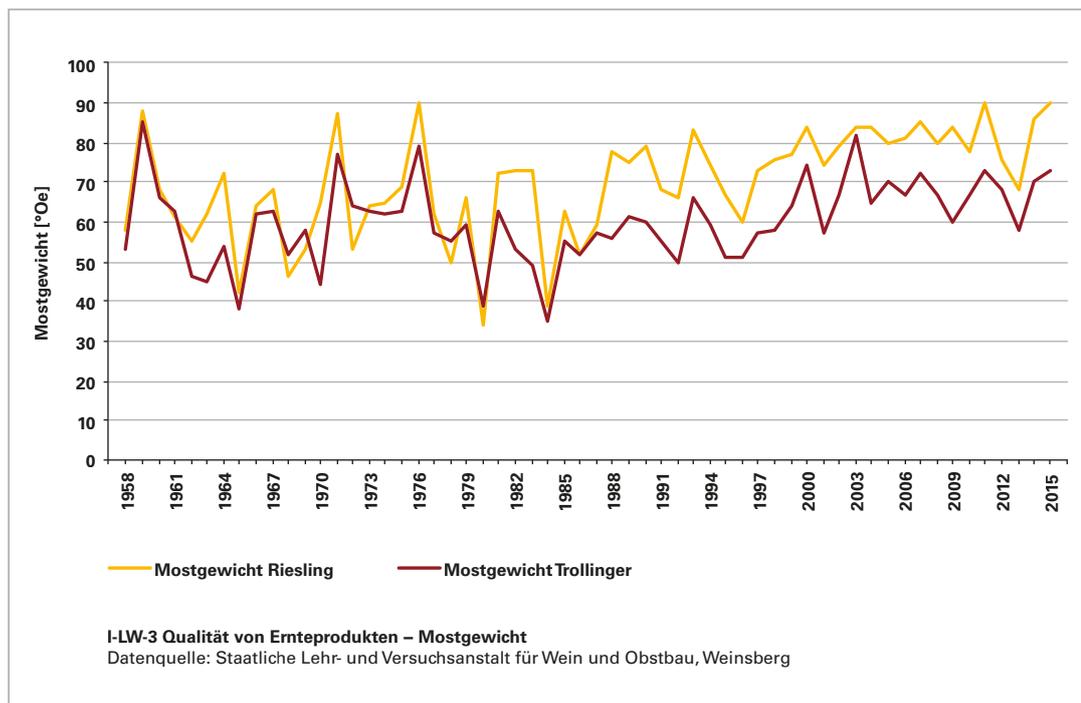
Trollinger steigen. Der Trollinger profitiert als spätreifende Rebsorte besonders stark von warmer Witterung. Der fruchtigere Riesling verliert jedoch bei steigenden Mostgewichten und sinkenden Säuregehalten an Qualität.

Extremwerte der Mostgewichte und Säuregehalte lassen sich mit witterungsbedingten Effekten erklären. Besonders heiße und trockene Jahre wie 1971 und 2003 führten zum Eintrocknen der Beeren mit erhöhten Zuckergehalten. 1976 kam es durch Botrytisbefall zusätzlich zu einer Anreicherung des Beerensaftes. Die hohen Mostgewichte in 1993 kamen durch insgesamt optimale Wuchsbedingungen in diesem Jahr zustande. 2011 gaben ein früher Austrieb und eine sehr frühe Blüte sowie der schöne Spätsommer und Herbst den Ausschlag. Die kalten und teilweise sonnenarmen Jahre 1980, 1984, 1996 sowie 2001 und 2013 erklären die geringen Oechslegrade. Die Säuregehalte haben sich im Wesentlichen gegenläufig entwickelt. In warmen Jahren wie 2003 und 2011, die zusätzlich noch besonders trocken waren, hat Trockenstress zum Säureabbau beigetragen.

Sowohl für das Mostgewicht als auch die Säure gilt, dass die langjährige Entwicklung stark von anderen Effekten überlagert wird. So führt die seit 1991 geltende Regulierung der erzielbaren Hektarerträge dazu, dass Weinbauern mit dem Herausschneiden von Trauben gezielt den Ertrag steuern, was Qualitätsveränderung der verbleibenden Trauben zur Folge hat. Dies ist auch der Grund, warum sich die Säuregehalte beginnend mit den 1990er-Jahren auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau eingependelt haben. Ebenso sind die steigenden Oechslewerte in diesem Zusammenhang zu interpretieren, denn mit der Reduzierung der Trauben am Stock kommt es zu einer Konzentration der qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffe in den verbleibenden Trauben. Des Weiteren überprägen andere weinbauliche Maßnahmen den zeitlichen Verlauf der Mostgewichte. Hierzu zählen das Erziehungssystem, der Rebschutz, die Begrünung der Böden oder die Entblätterung der Traubenzone.

Kurz gesagt:

- Klimawandel verändert Qualitätsparameter des Weinmostes.
- Witterungsextreme haben starken Einfluss auf Weinqualität.
- Der Riesling leidet unter dem Klimawandel.





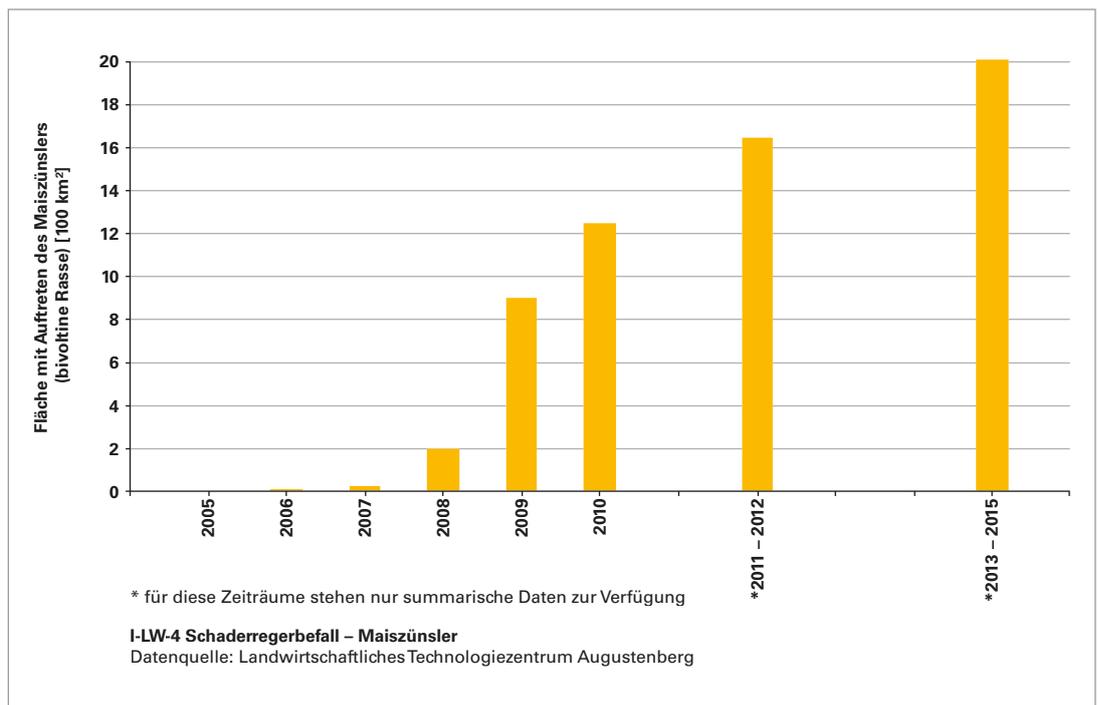
Veränderte Muster des Schädlingsbefalls

Die Entwicklung von Schaderregern in der Landwirtschaft, im Obst-, Wein- und Gartenbau ist stark vom Klima und vom Witterungsverlauf abhängig. Mit anderen Witterungsverhältnissen verändern sich auch die Muster des Schädlingsauftretens. Vor allem Insekten profitieren von den Auswirkungen des Klimawandels. Andere Arten, beispielsweise viele Pilzarten, die auf ausreichende Feuchtigkeit angewiesen sind, könnten an Bedeutung verlieren.

Zu den Profiteuren des Klimawandels gehört der Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*), dessen Population einen steigenden Trend aufweist. Er ist als Hauptschädling am Mais etabliert. Mit der Flächenzunahme des Maisanbaus und aufgrund unzureichender Pflanzenschutzmaßnahmen hat sich der univoltine Maiszünsler, der im Jahr nur eine Generation ausbildet, von Süddeutschland bis hinauf an die Nord- und

Ostsee ausgebreitet. Infolge der Klimaerwärmung wurde 2005 im südlichen Oberrheingraben erstmalig auch der bivoltine Ökotyp des Maiszünslers mit zwei Generationen im Jahr nachgewiesen. Er ist offensichtlich aus der Schweiz und Frankreich eingewandert. Zunehmend warme Luftströmungen aus südwestlicher Richtung während der Flugphase der Weibchen könnten zur sprunghaften Arealausweitung des bivoltinen Typs in das Rhein-Neckar-Gebiet und nach Südhessen führen und mittelfristig eine Ausbreitung über weite Teile Deutschlands ermöglichen. Weniger förderlich für die Ausbreitung sind zu heiße Frühsommer, da diese zu Verlusten bei der Eiablage und der Junglarven führen.

Nach dem erstmaligen Auftreten des bivoltinen Maiszünslers kam es bis 2010 zu einer sehr starken Zunahme der Befallsfläche, da man mit den üblichen Bekämpfungsterminen für die univoltinen Maiszünsler den bivoltinen Typ nicht ausreichend erfasste und sich die Population stark aufbauen konnte. Eine konsequente Bekämpfung konnte die Ausbreitungsdynamik





HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

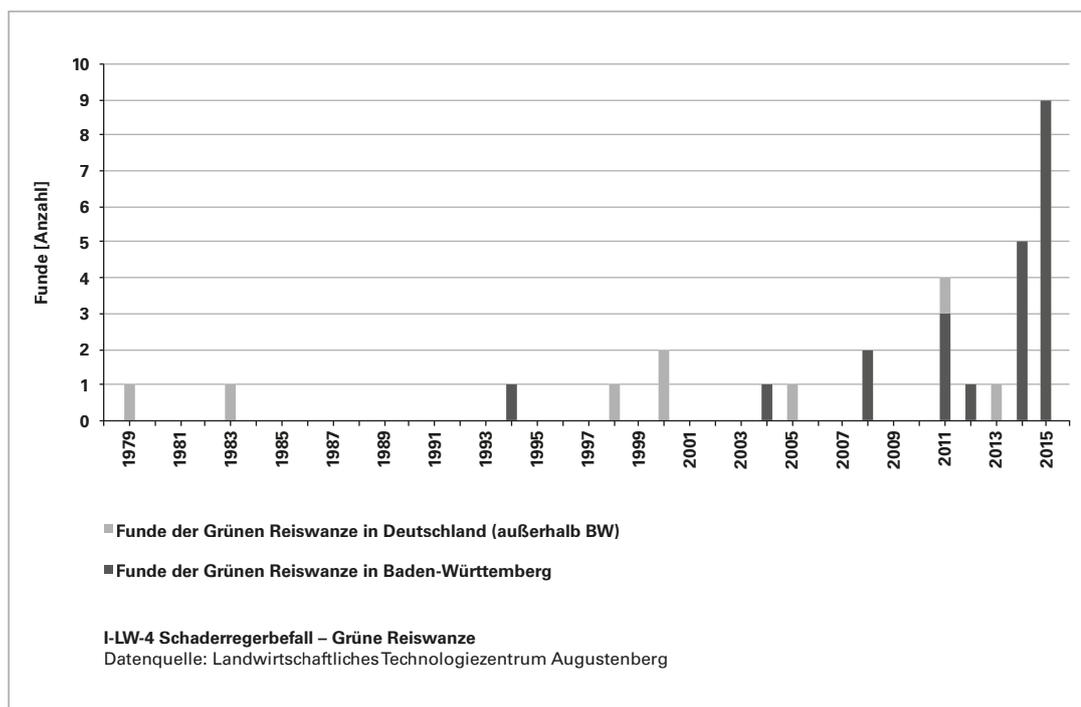
inzwischen zwar reduzieren, dennoch breitet sich der bivoltine Maiszünsler entlang des südlichen Oberrheingrabens nach Norden hin weiter aus. Ein landesweites Monitoring mit Pheromonfallen ermöglicht nun die Ermittlung optimaler Bekämpfungstermine, über die sich die Landwirte im Internet informieren können.

Neben bereits etablierten Schaderregern können sich auch bisher hierzulande unbekannt Arten etablieren und ausbreiten. Baden-Württemberg ist aufgrund des warmen Klimas Eintrittspforte für neue Schaderreger. Die Gefahr einer invasiven Ausbreitung ist besonders groß, wenn diese ohne ihre biologischen Gegenspieler verschleppt werden und sich ungehindert vermehren können. Neben den Zikaden profitieren vor allem Wanzen, wie die Grüne Reiswanze (*Nezara viridula*), von einem wärmeren Klima. Die Grüne Reiswanze kommt ursprünglich aus Ostafrika, ist aber durch den globalen Handel inzwischen weltweit verbreitet. Ihre Population in Baden-Württemberg weist einen steigenden Trend auf. Grüne Reiswanzen ernähren sich von Gemüse- und anderen Pflan-

zen, wie Himbeeren, Zierpflanzen und Soja. Sie können sich in Form nicht entdeckter Eiablagen oder zur Eiablage bereiter Weibchen auf befallenen Pflanzen verbreiten. Bei mittleren Wintertemperaturen von über 5°C ist die Grüne Reiswanze überlebensfähig. Diese Bedingungen werden in Baden-Württemberg zunehmend erfüllt, vor allem im urbanen Bereich sowie in Folientunneln und Gewächshäusern. Nach einem ersten Fund im Januar 1979 in Köln und weiteren Einzelfunden in den Folgejahren gilt die Grüne Reiswanze inzwischen auch in Baden-Württemberg als etabliert und bildet größere Populationen. Im Raum Heidelberg könnte inzwischen ein flächiger Befall vorliegen. Die hohe Dynamik der Ausbreitung ist aufgrund des breiten Wirtspflanzen-Spektrums der Reiswanze von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung. Zudem sind Wanzen generell schwierig zu bekämpfen und es gibt keine etablierten biologischen Bekämpfungsmaßnahmen. Besonders für die Gemüseproduktion im Gewächshaus sind neue Bekämpfungsstrategien zu entwickeln, um den biologischen Pflanzenschutz aufrechterhalten zu können.

Kurz gesagt:

- Das Schaderregerspektrum in der Landwirtschaft verändert sich.
- Der Maiszünsler breitet sich aus.
- Neue Arten wie die Grüne Reiswanze wandern ein und können Populationen aufbauen.



QUERVERWEISE:

- I-FW-4: Befall durch Borkenkäfer



Neue Fruchtarten im Ackerbau

Die Klimaerwärmung eröffnet den Landwirtinnen und Landwirten in Baden-Württemberg neue Möglichkeiten für die Fruchtartenwahl. Wärmeliebende Kulturpflanzenarten, die bisher aufgrund der klimatischen Bedingungen im Anbau begrenzt waren, können wirtschaftlich interessanter werden, wenn es zugleich eine ausreichende Nachfrage am Markt gibt. Dies gilt beispielsweise für Mais

und Soja, die von klimatisch besseren Anbaubedingungen profitieren und deren Anbauflächen vor allem ab den 1990er-Jahren zugenommen haben. Dies entspricht dem Zeitraum, in dem die globale Erwärmung Fahrt aufnahm und die Jahresdurchschnittstemperatur in Baden-Württemberg deutlich zu steigen begann.

Körnermais ist zum Ausreifen auf vergleichsweise hohe Wärmesummen angewiesen. Niederschlagsärmere und wärmere Spätsommer ermöglichen, dass der Mais heute trockener geerntet werden kann als früher. Dies senkt die Trocknungskosten und macht den Anbau rentabler. Der Anbau von Körnermais und Corn-Cob-Mix (CCM) stieg Ende der 1980er- und in den 1990er-Jahren stark an. In Baden-Württemberg erstreckt sich das größte Anbaugebiet für Körnermais entlang des Rheins.

Neben klimatischen Bedingungen spielen auch andere Faktoren für die Anbauentscheidungen eine Rolle. Die Züchtungsentwicklung hin zu leistungsfähigeren und kältetoleranteren Sorten hat den Anbau grundsätzlich gefördert. Hinzu kommen die agrarpolitischen Rahmenbedingungen: In den 1980er-Jahren förderte die Rinderprämie den Silomaisanbau; ab 1992 begünstigte die Senkung der Rinderprämie den Körnermais. Im Jahr 2003 fiel die Maisprämie weg, was den Einbruch der Anbaufläche von 2005-2007 erklärt. In den letzten zehn Jahren spielte außerdem das Erneuerbare-Energien-Gesetz, speziell der Bonus für Nachwachsende Rohstoffe (NaWaRo-Bonus), eine wichtige Rolle. Er beförderte seit 2004 den Wechsel von Körnermais zu Silomais sowie den Neuanbau von Silomais. Mit dem Wegfall des Bonus 2012 haben sich die Verhältnisse wiederum geändert. Bedeutend ist der Einfluss der Marktpreise. Diese waren 2007 besonders niedrig und stiegen 2008 wieder deutlich an. Einen starken Einfluss hat auch der Maiswurzelbohrer, der sich seit seinem ersten Auftreten in





HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

Baden-Württemberg im Jahr 2007 infolge des Klimawandels stark ausbreitet. Da stark Mais-dominierte Fruchtfolgen das Befallsrisiko erhöhen, wurde 2009 eine Anbaubeschränkung in betroffenen Landkreisen erlassen. Im Frühjahr 2014 wurde diese wieder außer Kraft gesetzt und in eine Empfehlung umgewandelt.

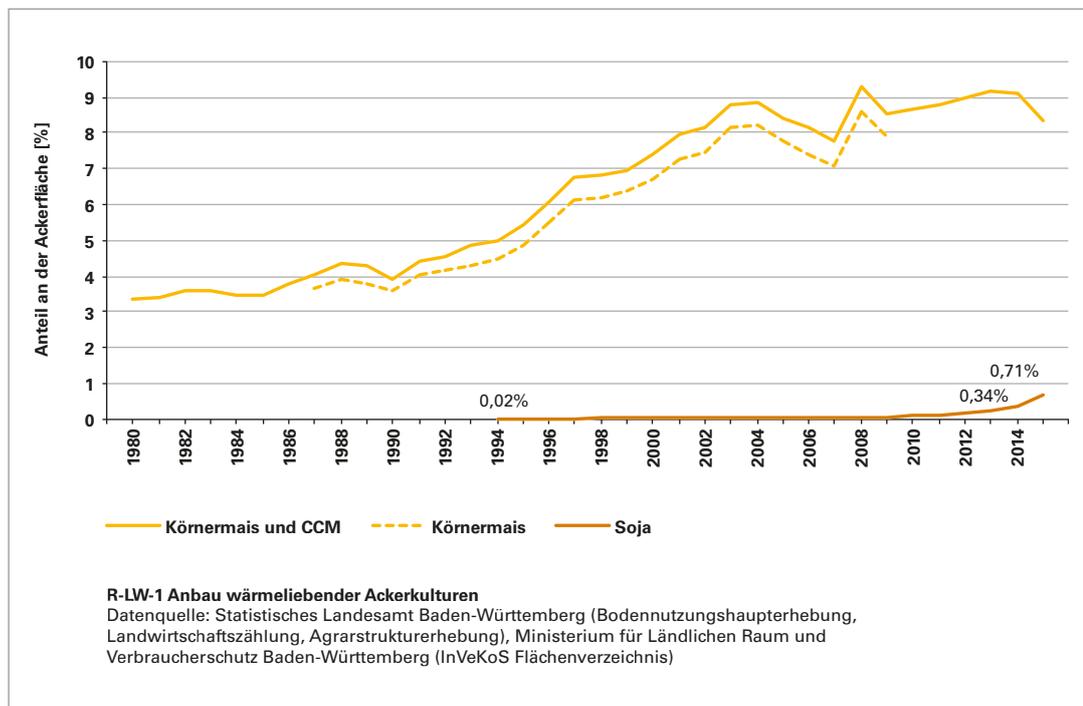
Soja ist eine besonders wärmeliebende Hülsenfrucht. Der Anbau ist noch beschränkt und konzentriert sich bisher auf Bayern und Baden-Württemberg. Soja wird vor allem in den klimatischen Gunstlagen in der Rheinebene und den Hügelländern (Gäulagen) angebaut. Die Anbaufläche von Soja nimmt ab 2009 kontinuierlich zu. 2015 gab es nochmals eine deutliche Ausweitung der Anbaufläche. Insgesamt hat Soja mit knapp 5.900 Hektar Anbaufläche in 2015 aber längst nicht die gleiche Bedeutung wie Mais. Neben den günstiger werdenden klimatischen Bedingungen sind agrarpolitische Rahmenbedingungen

wichtige Treiber für die Ausweitung des Anbaus. Von Relevanz sind die Greening-Vorgaben und spezielle Förderungen. Mit der Eiweißpflanzenstrategie des Bundeslandwirtschaftsministeriums soll der in den letzten zehn Jahren deutlich zurückgegangene Anbau von Leguminosen (Erbsen, Ackerbohnen, Lupine, Linse, Soja) zur Nutzung als Futter- und Lebensmittel in Deutschland wieder ausgedehnt werden. Die 2012 gestartete Eiweißinitiative der baden-württembergischen Landesregierung fördert ebenfalls den Anbau von Körner- und Futterleguminosen und unterstützt die Beratung zum Sojaanbau. Eine wichtige Rolle spielt außerdem die steigende Nachfrage nach gentechnikfreiem Soja aus heimischer Produktion.

Neben Körnermais und Soja können zukünftig auch andere wärmeliebende landwirtschaftliche und gärtnerische Kulturen wie Hirse oder Tafeltrauben für die Landwirtschaft interessant werden.

Kurz gesagt:

- Klimawandel ermöglicht Ausbau von Mais und Soja.
- Wärmeliebende Kulturen wie Hirse und Tafeltrauben können interessant werden.
- Agrarpolitische Rahmenbedingungen können Anpassung fördern oder hemmen.



QUERVERWEISE:

- LW-I-4: Schaderregerebefall



Chance für neue Rebsorten

Die Sortenwahl ist für die Landwirte eine geeignete Anpassungsmaßnahme, um sich auf neue klimatische Anforderungen einzustellen. Bevorzugt werden dabei diejenigen Sorten, die unter den absehbaren Bedingungen hohe, qualitativ hochwertige und sichere Erträge sowie gute Vermarktungsmöglichkeiten versprechen. Zuchtziele wie Trockenstresstoleranz, Verbesserung der Durchwurzelungs-

tiefe, Standfestigkeit und Frühreife sowie Krankheits- und Schädlingsresistenz gewinnen mit Blick auf den Klimawandel immer mehr an Bedeutung. Stärkere Durchwurzelung erhöht grundsätzlich die Wassernutzungseffizienz in Trockenperioden. Höhere Standfestigkeit verbessert die Widerstandsfähigkeit bei Sturm und Starkregen.

Die zu erwartende Witterung ist für die landwirtschaftlichen Betriebe in der Abwägung bei der Sortenwahl aber immer nur einer unter mehreren zu berücksichtigenden Faktoren. Die Wahl der im Weinbau zum Einsatz gelangenden Rebsorten ist ein gutes Beispiel, um die Komplexität solcher Anbauentscheidungen deutlich zu machen.

Die Rebfläche der beiden auf hohe Wärmesummen angewiesenen Rebsorten Merlot und Cabernet Sauvignon hat sich seit der Anbauzulassung der beiden Sorten in Deutschland im Jahr 2001 in den beiden Weinbaugebieten Baden und Württemberg kontinuierlich gesteigert. Zudem ist der Huglin-Index, der die Temperatursumme oberhalb von 10°C für den Zeitraum 1. April bis 30. September in Abhängigkeit von der geografischen Breite zeigt, seit 1961 und seit Ende der 1980er-Jahre angestiegen. Der über die Weinbaugebiete Baden-Württembergs gemittelte Wert lässt jedoch keinen Vergleich der absoluten Huglin-Indexwerte mit den Ansprüchen der jeweiligen Rebsorte zu, da die lokal-klimatische Situation in den Weinbergen stark von diesem Mittelwert abweichen kann. Dennoch lässt sich aus der Entwicklung ableiten, dass die Reblagen zunehmen, in denen Rebsorten wie Merlot und Cabernet Sauvignon mit Wärmesummenansprüchen zwischen 1.900 und 2.000 Gradtagen adäquate Bedingungen vorfinden. Extreme Jahre wie 2003, 2009 und 2011, in denen sehr hohe Wärmesummen auftreten, könnten Anbauentscheidungen für wärmeliebende Rebsorten ebenso positiv beeinflussen.





HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

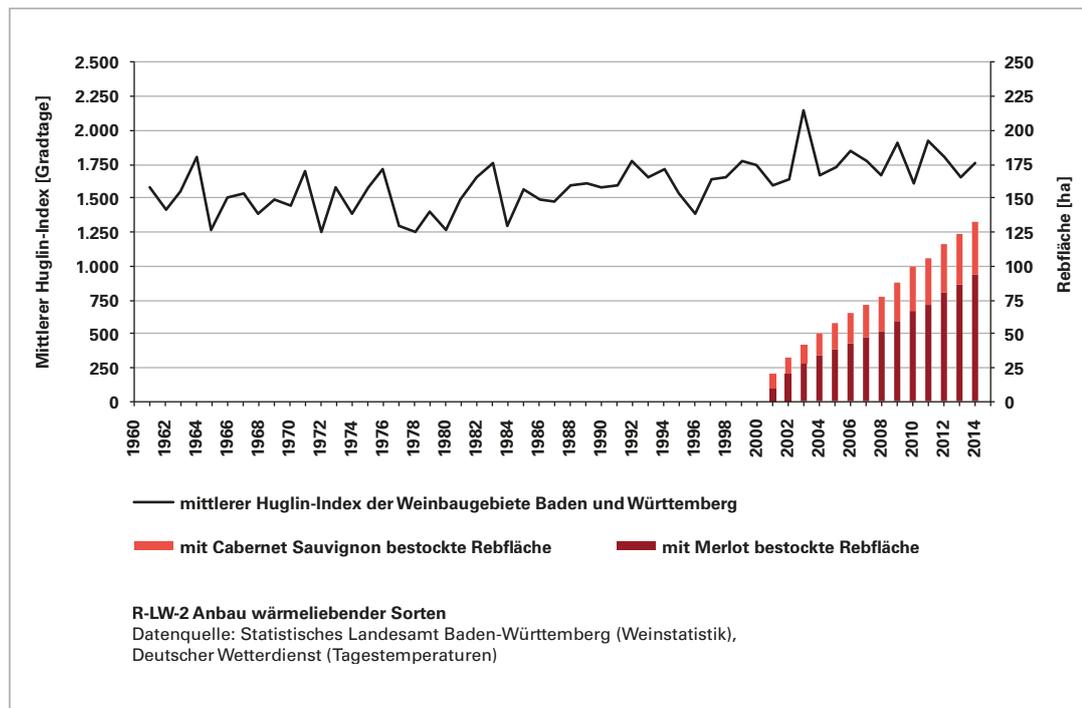
Für den Weinbau sind zunehmende Wärmesummen jedoch differenziert zu bewerten. Nicht für alle Rebsorten sind höhere Temperaturen qualitätssteigernd. Wasserstress und hohe Temperaturen gepaart mit verstärkter UV-Strahlung können bei weißen Rebsorten das Aroma-
profil der Weine negativ beeinflussen.

Derzeit sind die mit Merlot und Cabernet Sauvignon bestockten Rebflächen in den beiden Anbaugebieten Baden und Württemberg noch sehr gering und haben eher experimentellen Charakter. Derzeit ist noch unklar, ob

diese Sorten bei günstigeren Klimabedingungen großflächiger zum Anbau gelangen. Gerade im Weinbau spielen Anbautraditionen eine große Rolle, so ist Baden noch immer „Burgunderland“. Zudem sind die Vermarktungsmöglichkeiten und die damit verbundenen Moden entscheidend. Förderlich für den Anbau ist der Einkaufstrend, verstärkt auf heimische und regionale Produkte zurückzugreifen. Das Angebot heimischer Weine aus Reben, die bisher nur als Importweine erhältlich waren, wird damit attraktiver.

Kurz gesagt:

- Der Klimawandel begünstigt den Anbau wärmeliebender Rebsorten.
- Der Huglin-Index zeigt einen steigenden Trend.





Handlungsfeld Boden

INDIKATOREN

I-BO-1: Bodenwasservorräte

I-BO-2: Regenwurmfauna



Böden erfüllen im Naturhaushalt und für den Menschen eine Vielzahl von Funktionen. Sie bieten Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen Lebensraum und spielen eine zentrale Rolle im Wasser- und Nährstoffkreislauf. Für land- und forstwirtschaftliche Nutzungen sind gesunde und leistungsfähige Böden die Grundlage für die nachhaltige Produktion von Lebensmitteln, Futtermitteln, nachwachsenden Rohstoffen und Energiepflanzen.

Eingriffe durch den Menschen und Umweltwirkungen können die Zusammensetzung und Eigenschaften von Böden verändern, bis hin zu ihrer funktionellen Zerstörung. Da die Bodenbildung ein sehr langwieriger Prozess ist – rechnerisch entstehen pro Jahr maximal 0,1 Millimeter Boden – ist die Regeneration verloren gegangenen Bodens zumindest in menschlichen Zeiträumen nicht möglich. Bei einem extremen Niederschlagsereignis kann durch Bodenerosion auf einen Schlag die Bodenbildung von Jahrzehnten oder gar Jahrhunderten verloren gehen.

Mit Blick auf den Klimawandel sind zwei grundlegende Wechselwirkungen mit Böden zu berücksichtigen. Böden, vor allem organische Böden und Böden mit hohem Humusgehalt, sind wichtige Speicher von Kohlenstoff. Werden diese Böden beeinträchtigt oder gar zerstört, führt dies zu umfangreichen

Emissionen von klimaschädlichem Kohlendioxid. Der Klimawandel hat Folgen für die Böden, ihre Eigenschaften und Funktionen. Weisen Böden beispielsweise nur lückenhaft schützenden Bewuchs auf, kann Starkregen zu erheblichem Bodenabtrag führen, was wiederum angrenzende Gewässer durch vermehrten Sediment- und Stoffeintrag belasten kann. Steigende Temperaturen können zu Humusumbau, etwa von Moder in Mull, und zu Humusabbau mit Freisetzung von Kohlendioxid führen. Humusumbau kann sowohl positive als auch nachteilige Einflüsse auf Bodenlebewesen und auf die Bodenfruchtbarkeit haben. Zunehmende Trockenheit führt eher zu vermindertem Humusabbau.

Böden nehmen eine zentrale Position im Naturhaushalt ein. Die Einflüsse des Klimawandels lassen sich daher nur schwer gegenüber anderen umwelt- und nutzungsbedingten Veränderungen abgrenzen. Zudem variieren die Bodenverhältnisse innerhalb des Landes sehr stark. Deshalb lassen sich Beobachtungen, die an einem bestimmten Standort gemacht wurden, nur mit großer Unsicherheit auf andere Standorte übertragen. Für die Beschreibung der Klimawandelfolgen im Handlungsfeld Boden gibt es daher bisher nur wenige Indikatoren, die verallgemeinerungsfähige Aussagen zur Entwicklung von Böden unter Klimawandelbedingungen zulassen.

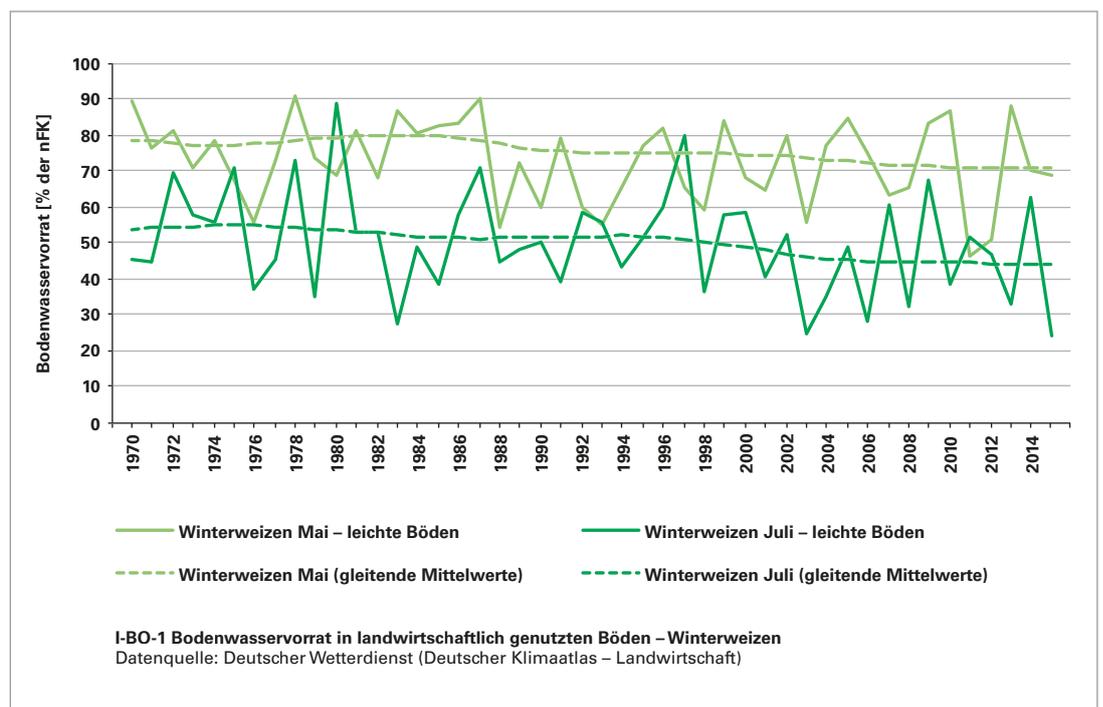


Leichte Abnahme des Bodenwasservorrats erkennbar

Böden spielen im Wasserkreislauf eine bedeutende Rolle. Sie speichern Niederschlagswasser und filtern Wasser, bevor es dem Grundwasser zufließt. Die meisten Stoffwechselprozesse im Boden sind auf die Anwesenheit von Wasser angewiesen. Die mit dem Klimawandel verbundenen Veränderungen von Niederschlagsverhältnissen und der Lufttemperatur können sich direkt auf die Bodenwasservorräte und deren jahreszeitliche Verläufe auswirken. Verschieben sich die Niederschläge, wie projiziert, vom Sommer stärker in den Winter, ist während der Vegetationsperiode mit Engpässen in der Wasserversorgung zu rechnen. Sowohl für Wild- als auch für Nutzpflanzen ist eine ausreichende Bodenwasserversorgung jedoch entscheidend für die Entwicklung. Landwirtschaftliche Kul-

turen reagieren in ihren spezifischen Wachstumsphasen während des Jahres sehr unterschiedlich auf Trockenheit.

Als Indikatoren wurden beispielhaft die Bodenwasservorräte für Winterweizen und Zuckerrübe untersucht. Dabei handelt es sich um in Baden-Württemberg weit verbreitete landwirtschaftliche Kulturen. Der Winterweizen war im Jahr 2016 mit ca. 27% des Ackerlands die am weitesten verbreitete Fruchtart überhaupt. Die Zuckerrübe wurde zwar nur auf knapp 2% der Fläche angebaut, ist aber die bedeutendste Hackfrucht. Betrachtet man die Entwicklung der Bodenwasservorräte zeigt sich, dass seit den 1970er-Jahren die pflanzenverfügbaren Bodenwasservorräte in den Monaten Mai und Juli abgenommen haben. Dabei geraten die Bodenwasservorräte ab 2000 wiederholt unter 30% der nutzbaren Feldkapazität (nFK). Unterhalb dieses Wertes muss bei Pflanzen mit Wasserstress gerechnet werden. Aufgrund der jährlich starken Schwankungen lässt sich mithilfe der für diesen Bericht verwendeten





HANDLUNGSFELD BODEN

Trendanalyse keine Signifikanz ermitteln. Auf schweren Böden unter Zuckerrübe blieben die Bodenwasservorräte in den zurückliegenden Jahren verhältnismäßig unverändert. Jahre mit extremen Witterungsverhältnissen wie das heiße und trockene Jahr 2003 bildeten sich in der Zeitreihe deutlich ab. Sie führten zu sehr niedrigen Bodenwasservorräten.

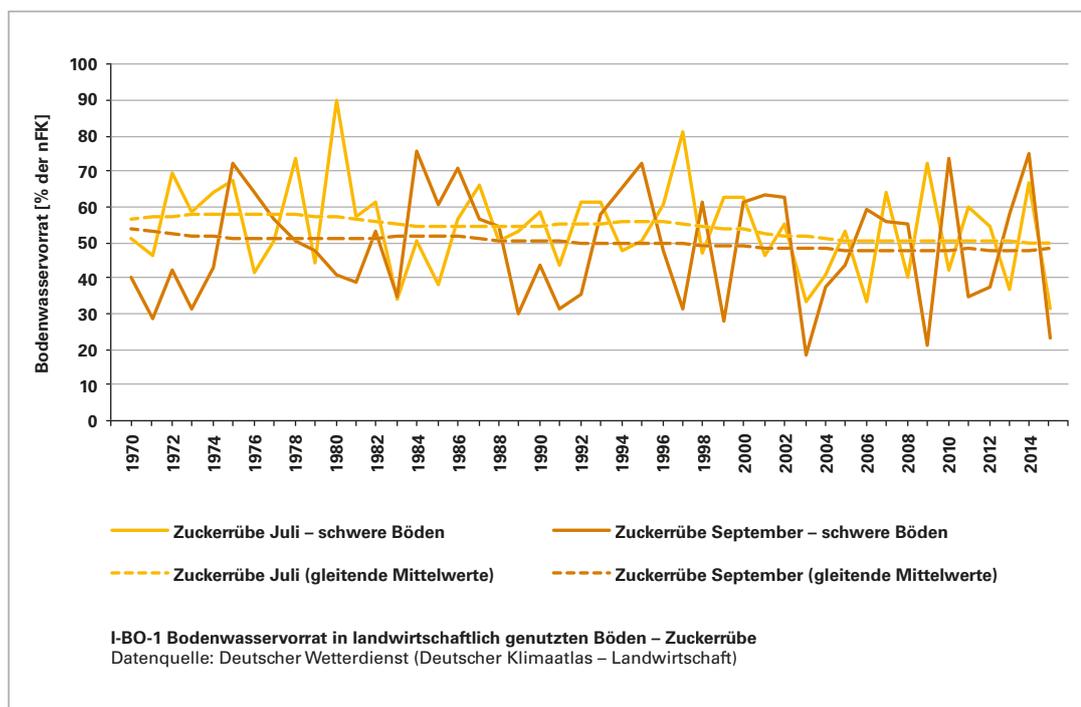
Mit Blick auf den Winterweizen und die Zuckerrübe sind die jahreszeitlichen Entwicklungen der Bodenwasservorräte differenziert zu bewerten. Frühjahrstrockenheit in den Monaten April bis Juni ist für die Getreidearten schädlich, die sich in dieser Zeit in der Aufwuchs- und Kornfüllungsphase befinden. Herrschen im Juli, also in der Erntephase des Winterweizens, hingegen trockene Bedingungen, ist dies günstig für den Abreifungsprozess. Zu hohe Wassergehalte in dieser Phase steigern die Verpilzungsgefahr und minimieren die Erträge. Für die Zuckerrübe ist ein Rückgang des Bodenwasservorrats sowohl in der ertragsbestimmenden Aufwuchsphase im Juli als auch im September problematisch, da

die Zuckerrübe bis kurz vor der Ernte noch Biomasse zulegen kann.

Die dargestellten Werte zum Bodenwasservorrat basieren auf Modellierungen des DWDs, die auf der Grundlage gemessener Wetterdaten durchgeführt wurden. Einflüsse wie die Bodeneigenschaften, die Bodenbearbeitung und Bewirtschaftung sowie die Pflanzeigenschaften werden bei diesen Modellierungen über die Jahre konstant gehalten. Dies bedeutet zum einen, dass die Daten nicht unbedingt die vor Ort auffindbaren Verhältnisse abbilden, zum anderen aber auch, dass die dargestellten Veränderungen tatsächlich auf Veränderungen der klimatologischen Bedingungen, also wesentlich auf Niederschlag und Verdunstung sowie deren jahreszeitliche Verteilung zurückzuführen sind und sich auch dahingehend interpretieren lassen.

Kurz gesagt:

- Bodenwasservorräte haben leicht abgenommen.
- Die jährliche Schwankung der Bodenwasservorräte ist stark.



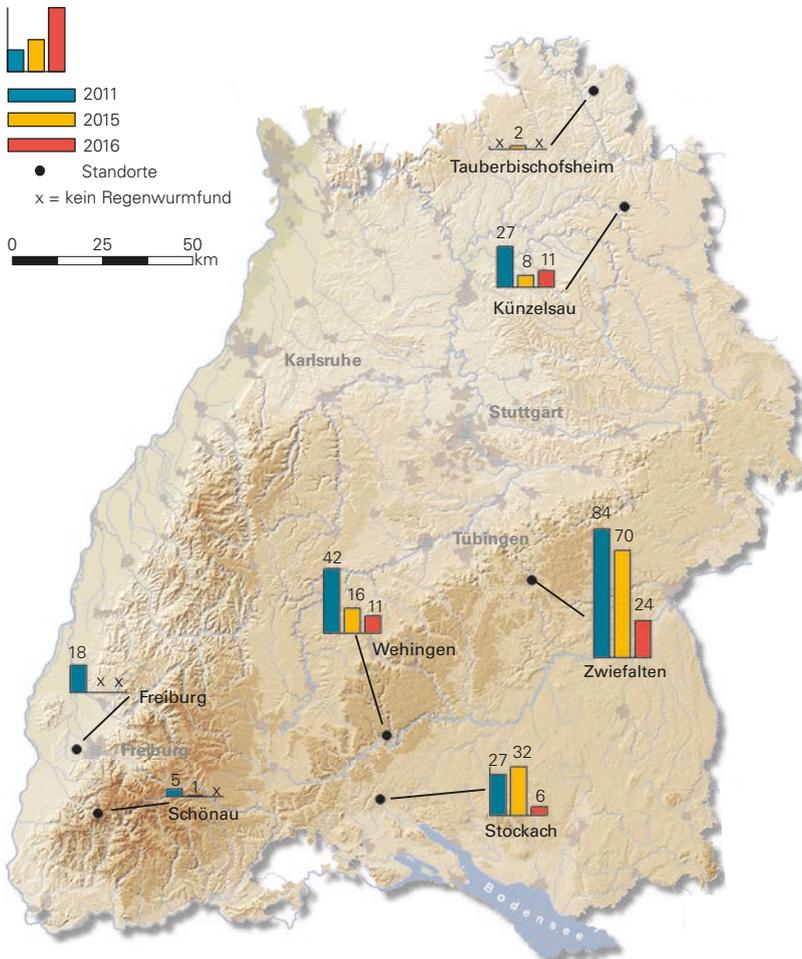
QUERVERWEISE:

► I-LW-2: Ertragschwankungen



HANDLUNGSFELD BODEN

Biomasse tiefgrabender Regenwürmer (Gramm Frischmasse pro m²)



I-BO-2 Regenwurmfaua
Biomasse tiefgrabender Regenwürmer
Grundlage: © LGL BW, LUBW

LU:W

Regenwürmer: Populationseinbruch bei Trockenheit

Regenwürmer haben aufgrund ihrer Lebensweise in vielen Böden des Landes eine zentrale Funktion im Nährstoff- und Humuskreislauf sowie beim Aufbau des Bodengefüges. Vor allem tiefgrabende Lebensformen, die anezischen Regenwürmer, tragen mit der Bodenlockerung und der Anlage tieferreichender

Röhren dazu bei, dass Wasser auch bei starken Regenfällen schnell in den Boden eindringen und Wurzeln leichter in den Unterboden wachsen können. Letzteres ist für die Wasserversorgung der Pflanzen in Trockenperioden wichtig. Darüber hinaus spielen Regenwürmer aufgrund ihrer hohen Biomasse und ihres hohen Eiweißgehalts als Nahrung für eine Vielzahl von Tieren eine große Rolle. Ein Ausfall oder Rückgang der Regenwürmer würde erhebliche Störungen in Ökosystemen verursachen und zu deutlichen Ertragseinbußen in der Landwirtschaft führen.

An normale Schwankungen der Witterungen sind Regenwürmer angepasst. Problematisch sind aber Extremjahre oder wiederholt trockene Jahre, da Regenwürmer nicht in der Lage sind, bei Trockenheit einen konstanten Körperwassergehalt aufrecht zu erhalten.

Der Klimawandel wird sich unterschiedlich auf Regenwürmer auswirken. Die milderen Winter sind eher positiv für die Regenwürmer, denn sie können über einen längeren Zeitraum aktiv sein und die Verluste durch Frost sind geringer. Wärmere und meist auch trockenere Sommer wirken sich hingegen ungünstig aus.

Die Biomasse von Regenwürmern wird seit 2011 an sieben Waldstandorten der Medienübergreifenden Umweltbeobachtung der LUBW erfasst. Landesweit zeichnet sich eine Abnahme der Biomassen nach Jahren mit deutlich geringeren Niederschlägen wie 2015 ab. In diesem Jahr ist an mehreren Standorten im Nordosten und Osten während der Vegetationsperiode zwischen 25 und 45%, in den anderen Landesteilen 10 bis 20% weniger Niederschlag gefallen als im langjährigen Mittel. Anezische und die an der Oberfläche lebenden epigäischen Regenwürmer suchen ihre Nahrung hauptsächlich an der schneller austrocknenden Bodenoberfläche. Sie sind dadurch in trockenen Jahren stark beein-





HANDLUNGSFELD BODEN

trächtig. Zwischen 2011 und 2016 hat sich die Biomasse der anezischen Regenwürmer im Mittel aller Standorte mehr als halbiert. Auch die Biomasse der epigäischen Regenwürmer ging deutlich zurück. Die endogäischen Regenwürmer, die im Wurzelbereich der Pflanzen leben, können Trockenheit besser überdauern. Sie sind in der Lage bei ungünstigen Lebensbedingungen in Ruhestadien überzugehen. Ihre Biomasse ist im Beobachtungszeitraum entsprechend stabil geblieben.

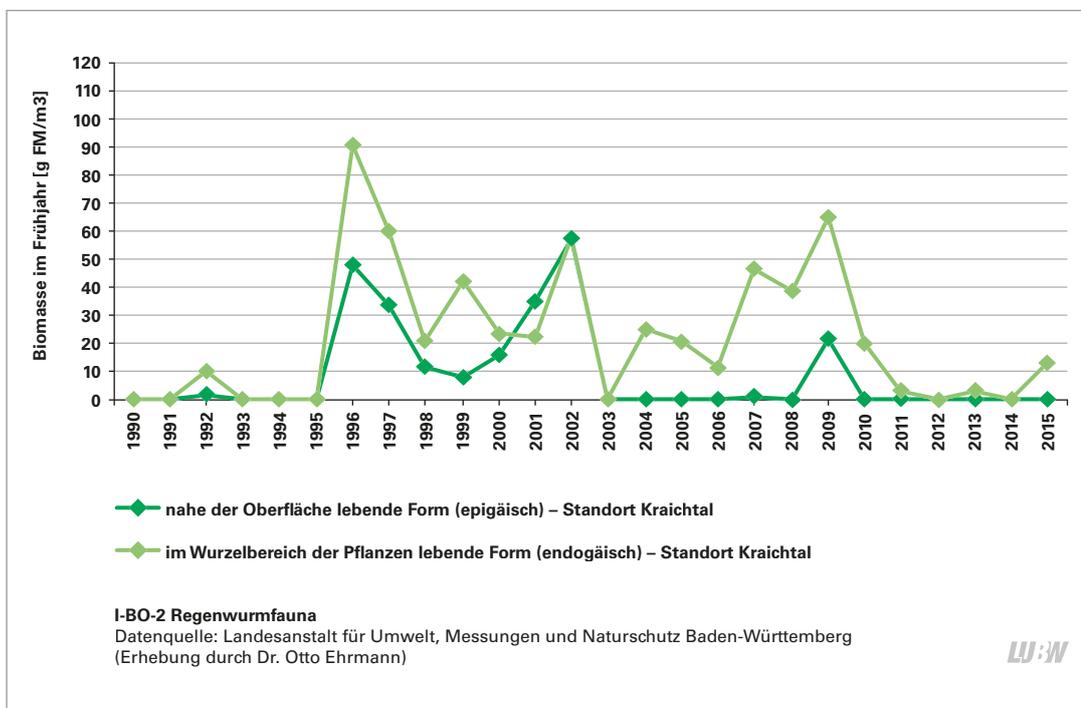
Ergebnisse langjähriger Beobachtungen der Regenwurmpopulation gibt es im Kraichtal. Aufgrund der flachgründigen Böden und der Niederschlagsarmut in diesem Gebiet ist die Reaktion der Regenwürmer in Trockenjahren hier noch deutlicher. Nach besonders trockenen Jahren wie 1990, 1991, 2003 und 2011 bricht die Population sogar ein. Nach dem Extremjahr 2003 ist es den epigäischen Arten

nicht mehr gelungen, die Population wieder aufzubauen. Anezische Regenwürmer kommen an dem Standort generell nicht vor.

Andere als klima- und witterungsbedingte Einflussfaktoren sind für die dargestellten Entwicklungen von geringerer Bedeutung. So spielt Bodenversauerung nur dann eine große Rolle, wenn der pH-Wert des Bodens unter 3,8 sinkt; dann ist ein Überleben für anezische Regenwürmer mittelfristig nicht mehr möglich, und sie sterben an dem Standort aus. Oberhalb eines pH-Wertes von etwa 3,8 spielen für die Entwicklung der Regenwürmer die Bodenfeuchte im Laufe des Jahres und insbesondere langanhaltende Trockenheit eine große Rolle. Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass der Klimawandel mit Änderungen der Witterungsverhältnisse einen sehr zentralen Einfluss auf die derzeitige Entwicklung der Regenwürmer hat.

Kurz gesagt:

- In trockenen Jahren brechen die Populationen ein.
- Nach Extremjahren wie 2003 können sich Regenwurmpopulationen nicht oder nur schwer erholen.
- Seit 2011 sind anezische Regenwurmpopulationen stark zurückgegangen.





Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität

INDIKATOREN

I-NA-1: Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten

I-NA-2: Ausbreitung wärmeliebender Insektenarten

I-NA-3: Flechten als Klimawandelindikatoren



Baden-Württemberg besitzt mit schätzungsweise rund 50.000 vorkommenden Arten eine hohe biologische Vielfalt. Diese Vielfalt hat ihren Ursprung in der vielseitigen naturräumlichen Ausstattung des Landes. Das Alpenvorland, die Schwäbische Alb, der Schwarzwald, das Neckarbecken oder der Oberrheingraben sind durch sehr unterschiedliche standörtliche Verhältnisse geprägt. Zudem wurden diese Naturräume Jahrtausende lang vom Menschen genutzt und zu unterschiedlichen Kulturlandschaften umgestaltet. Mit dem besonders wärmebegünstigten Oberrheingraben und dem Donautal gibt es in Baden-Württemberg wichtige Einwanderungswege für wärmeliebende mediterrane Arten.

Tiere und Pflanzen besiedeln Lebensräume, die ihren spezifischen Ansprüchen gerecht werden. Kommt es zu klimabedingten Änderungen, passen sich die Arten entweder an, wandern ab oder sterben aus. Manche Arten profitieren von den Veränderungen, zum Beispiel durch Erweiterung ihres Lebensraums.

Viele Arten und Lebensräume sind schon heute in Baden-Württemberg durch nachteilige direkte oder indirekte Auswirkungen menschlicher Nutzung gefährdet. Der Anteil an gefährdeten Arten der Roten Listen beträgt je nach Artengruppe zwischen 66% (bei den Reptilien) und 11,8% (bei den Weberknechten). Im Mittel über alle Artengruppen der Roten Listen waren Ende 2012 ungefähr 40% der Arten in Baden-Württemberg gefährdet. Nach der „Roten Liste der Biotoptypen“ gelten von den 281 Biotoptypen ca. 37% als aktuell gefährdet, weitere 13,5% stehen auf der Vorwarnliste. Der Klimawandel kann diese Gefährdungssituation weiter verschärfen.

Die Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse sowie deren Änderungen wirken sich

meist direkt auf Arten und ihre Lebensräume aus. Ausreichende Niederschläge, vor allem während der Vegetationsperiode, stellen die Wasserversorgung von Pflanzen sicher und sind in Verbindung mit der Temperatur Voraussetzung für Wachstum und Entwicklung. Trockenheit und Wärme können anderen Arten Standortvorteile verschaffen. Die Lebens- und Fortpflanzungsbedingungen von Tieren sind unter anderem über die Nahrungsketten mit diesen Entwicklungen verbunden. Darüber hinaus haben die laut Projektionen an Intensität und Häufigkeit zunehmenden Extremereignisse wie Hitzeperioden, Starkregenereignisse oder Stürme Einfluss auf die Arten und Lebensräume.

Der Klimawandel ist nicht alleinige Ursache für die Veränderungen von Artengemeinschaften und Lebensräumen. Beispielsweise führen direkte und indirekte Auswirkungen menschlichen Handelns und Wirtschaftens dazu, dass Arten aussterben oder abwandern sowie neue Arten einwandern und sich ausbreiten. Der Klimawandel kann diesen Prozess jedoch beschleunigen und aufgrund der hohen Geschwindigkeit die natürliche Anpassungsfähigkeit von Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen überfordern. Arten können somit durch Qualitätsveränderungen oder Verlust des Lebensraumes gezwungen sein, sich Ersatzlebensräume zu suchen. Dies ist nur möglich, wenn genügend Zeit zur Verfügung steht und eine Wanderung oder Ausbreitung nicht durch Barrieren wie Verkehrswege behindert werden.

Die Klimaveränderung in den letzten Dekaden – mit Jahresmitteltemperaturen um rund 1 °C über dem Temperaturmittelwert des Vergleichszeitraums 1961 bis 1990 – hatte bereits deutlich beobachtbare Veränderungen in der Pflanzen- und Tierwelt zur Folge.



Phänologie bei Wildpflanzen ändert sich

Das Wachstum und die Entwicklung von Pflanzen folgen im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Rhythmen, die in starkem Maße von Witterung und Klima abhängig sind. Ausschlaggebend sind dabei nicht einzelne Wetterereignisse, sondern die Temperatur-, Strahlungs- und Niederschlagsverhältnis-

se über mehrere Wochen. Mit der Beobachtung phänologischer Phasen lassen sich Veränderungen von Witterungs- und Klimabedingungen sowie deren Auswirkungen auf Pflanzen und Tiere erfassen. Konkret werden Entwicklungserscheinungen wie die Blattform, Blüte und Fruchtreife oder Erstflug und Fortpflanzung erfasst.

Speziell bei Pflanzen haben Faktoren wie Bodenfeuchte, Nährstoffverhältnisse, Schädlingsbefall, Krankheiten, Pflanzenalter und genetische Ausstattung Einfluss auf das phänologische Reaktionsvermögen. Die deutliche Verschiebung phänologischer Phasen über eine Vielzahl an Beobachtungsstandorten und über einen inzwischen langen Beobachtungszeitraum hinweg lassen sich jedoch nur mit der Veränderung der klimatischen Verhältnisse erklären. Phänologische Daten werden seit 1951 vom Deutschen Wetterdienst nach einheitlichen methodischen Standards erfasst und archiviert. Für die Phasen Spätherbst und Winter (Jahresende) in den Zeiträumen 1951-1980 und 1961-1990 gibt es keine Daten für Baden-Württemberg. Deshalb stehen für einen Vergleich aller Zeiträume nur die phänologischen Phasen „Winter“ (nach Jahresbeginn) bis zum „Vollherbst“ zur Verfügung.

Die Dauer der Winterphase nach Jahresbeginn verkürzt sich zugunsten des Frühlings bei einem Vergleich der Zeiträume 1951-1980 und 1986-2015 um rund vier Tage. Dadurch ergibt sich eine Vorverlagerung der Frühlingsphasen Vorfrühling (Blüte Huflattich), Erstfrühling (Blüte Buschwindröschen) und Vollfrühling (Blattform Stieleiche). Dies hängt vor allem mit der Temperaturerwärmung im Winter zusammen. Entsprechend blühen die Frühjahrsgeophyten, Bäume und Sträucher früher. Die Dauer des Frühlings verringert sich zugunsten des Sommers um mehr als fünf Tage.





HANDLUNGSFELD NATURSCHUTZ UND BIODIVERSITÄT

Der Frühsommer setzt mit der Blüte des Schwarzen Holunders bei einem Vergleich der Zeiträume 1951-1980 und 1986-2015 um rund zehn Tage früher ein. Grund ist hauptsächlich die recht frühe und stärkere Erwärmung von April bis August, die die Entwicklung der Pflanzen vorantreibt. An der Dauer des Sommers (Frühsommer, Hochsommer, Spätsommer) hat sich heute (1986-2015) mit rund einem Tag Verkürzung gegenüber dem ersten Beobachtungszeitraum (1951-1980) wenig verändert.

Der Frühherbst (Beginn der Fruchtreife Schwarzer Holunder) setzt für die zuletzt vergleichend betrachteten Zeiträume um mehr als zehn Tage früher ein, da sommerlicher Hitzestress und Trockenheit den Fruchtreifeprozess und die herbstliche Blattverfärbung beschleunigen. Der Herbst mit seinen zwei hier verglichenen Phasen „Frühherbst“ und „Vollherbst“ erfährt außerdem eine deutliche Ausdehnung zum Jahresende hin. Allein der Vergleich dieser zwei phänologischen Phasen für die Zeiträume 1951-1980 und 1986-2015

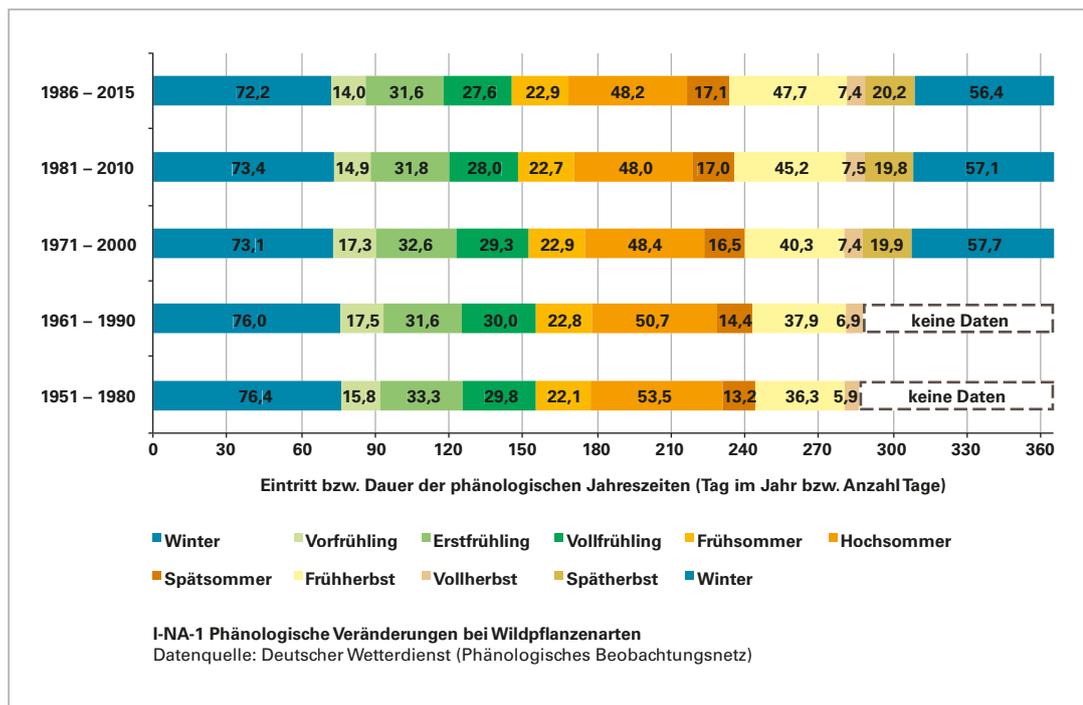
belegt eine Verlängerung der Vegetationsperiode um rund dreizehn Tage. Insgesamt ist davon auszugehen, dass sich diese Entwicklung in den nächsten Jahrzehnten mit zunehmender Geschwindigkeit fortsetzen wird.

Die beschriebenen Veränderungen in den Entwicklungszyklen bei Tier- und Pflanzenarten stören eingespielte Wechselbeziehungen zwischen den Arten. Beispielsweise kann das Räuber-Beute-Gefüge im Nahrungsnetz durch Ausfall von Arten beeinträchtigt werden. Außerdem kann es zu Bestäubungsdefiziten und neuen Konkurrenzverhältnissen mit anderen Insekten kommen. Dies ist der Fall, wenn sich klimabedingt ein zeitlicher Versatz zwischen dem Öffnen der Blüten und dem Erwachen der Honigbiene ergibt.

Phänologische Veränderungen lassen sich somit nicht nur bei Pflanzen, sondern auch bei Tieren nachweisen. Bei Zugvögeln sind beispielsweise eine frühere Rückkehr aus dem Winterquartier sowie vorgezogene Bruttermine und Mehrfachbruten zu beobachten.

Kurz gesagt:

- Der phänologische Frühling setzt um rund vier, der Sommer um rund zehn und der Herbst um mehr als zehn Tage früher im Jahr ein.
- Durch längeren Herbst und verkürzten Winter verlängert sich die Vegetationsperiode um rund dreizehn Tage.



QUERVERWEISE:

- I-LW-1: Blüte von Winterraps
- I-NA-2: Ausbreitung wärmeliebender Insektenarten

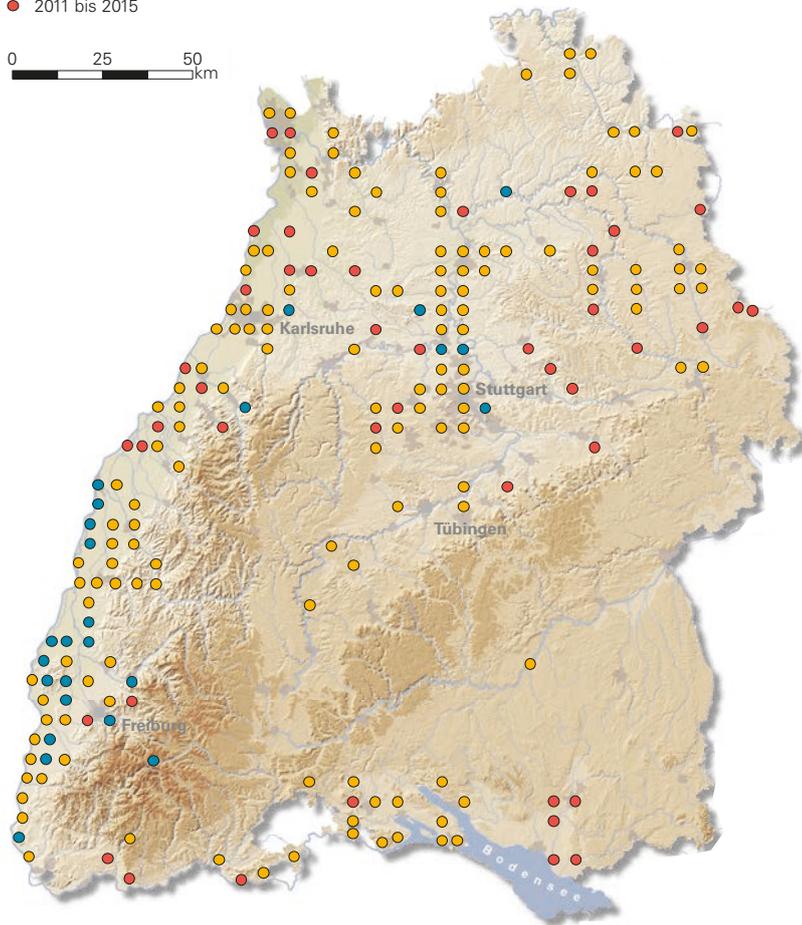


HANDLUNGSFELD NATURSCHUTZ UND BIODIVERSITÄT

Funde *Halictus scabiosae*

- bis 1990
- 1991 bis 2010
- 2011 bis 2015

0 25 50 km



I-NA-2: Ausbreitung wärmeliebender Insektenarten

Ausbreitung der Gelbbindigen Furchenbiene

Grundlage: © LGL BW, LUBW

LU:W

Wärmeliebende Tierarten breiten sich aus

Die räumliche Verbreitung von Tier- und Pflanzenarten ist wesentlich vom Klima bestimmt. Veränderungen der abiotischen Umweltfaktoren sowie der Häufigkeit von Extremereignissen beeinflussen langfristig den Jahresrhythmus, das Verhalten, die Fortpflanzung, die Konkurrenzfähigkeit und die Nahrungsbezie-

hungen von Arten. Hierdurch können sich deren Verbreitungsgebiete räumlich verlagern, und die Artenzusammensetzung sowie Struktur ganzer Ökosysteme kann sich verändern. Den Ergebnissen von Klimaprojektionen 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 keine neuen Lebensräume besiedeln können, weil ihre Ausbreitung behindert ist. Vom Klimawandel profitieren werden insbesondere wärmeliebende Arten, während die kältetoleranten Arten zunehmend unter Druck geraten.

Anhand von Verbreitungsdaten zum Vorkommen von zehn Wildbienen-, Tagfalter- und Libellenarten in Baden-Württemberg lassen sich bereits Veränderungen von Verbreitungsmustern nachweisen. Insekten sind besonders geeignet, um klimabedingte Veränderungen aufzuzeigen, da sie von bestimmten Temperaturverhältnissen in ihren Lebensräumen abhängig sind und auf Veränderungen unmittelbar reagieren.

Seit 1991 werden vermehrt wärmeliebende Insektenarten in Baden-Württemberg gefunden. Die Areale dieser Arten dehnen sich aus, und es werden zunehmend Lebensräume in höheren Lagen besiedelt. Während Anfang der 1990er-Jahre nur zwei Arten, nämlich die Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*) und die Dichtpunktierte Goldfurchenbiene (*Halictus subauratus*), jeweils einmal in der montanen Höhenstufe von über 500 bis 1.200 Höhenmeter gefunden wurden, gab es im Zeitraum 2011 bis 2015 bereits zu acht Arten insgesamt 62 Funde in dieser Höhenstufe. Dies ist ein eindeutiger Hinweis darauf, dass die Arten aufgrund der gestiegenen Temperaturen zunehmend in höheren Lagen geeignete Lebensräume vorfinden.





HANDLUNGSFELD NATURSCHUTZ UND BIODIVERSITÄT

Im Falle der Gelbbindigen Furchenbiene (*Halictus scabiosae*) ließ sich seit 1990 eine starke generelle Zunahme ihres Vorkommens feststellen. Auffallend ist neben der Ausbreitung in größere Höhen die Arealausdehnung nach Osten in ursprünglich kühlere Landesteile. Während die Art bis 1990 ausschließlich in der Oberrheinebene, dem Kraichgau und dem Neckarbecken vorkam, hat sich ihr Areal danach in ursprünglich nicht besiedelte Landesteile wie das Tauberland, die Schwäbisch-Fränkischen Waldberge, das Vorland der Schwäbischen Alb, das Bodenseebecken sowie das Westallgäuer Hügelland ausgedehnt.

Das Areal der Gelbbindigen Furchenbiene umfasst Gebiete mit mindestens 9°C Jahresmitteltemperatur. Ab 1990 hat sich aufgrund der Klimaerwärmung eine deutliche Verschiebung der 9-Grad-Isotherme ausgehend von den Klimagunstgebieten Oberrheinebene, Kraichgau und Neckarbecken insbesondere nach Osten und in höhere Lagen hin vollzogen (siehe Kapitel "Zustandsbericht Klimawandel"). Die Arealausdehnung der Gelbbindigen Furchenbie-

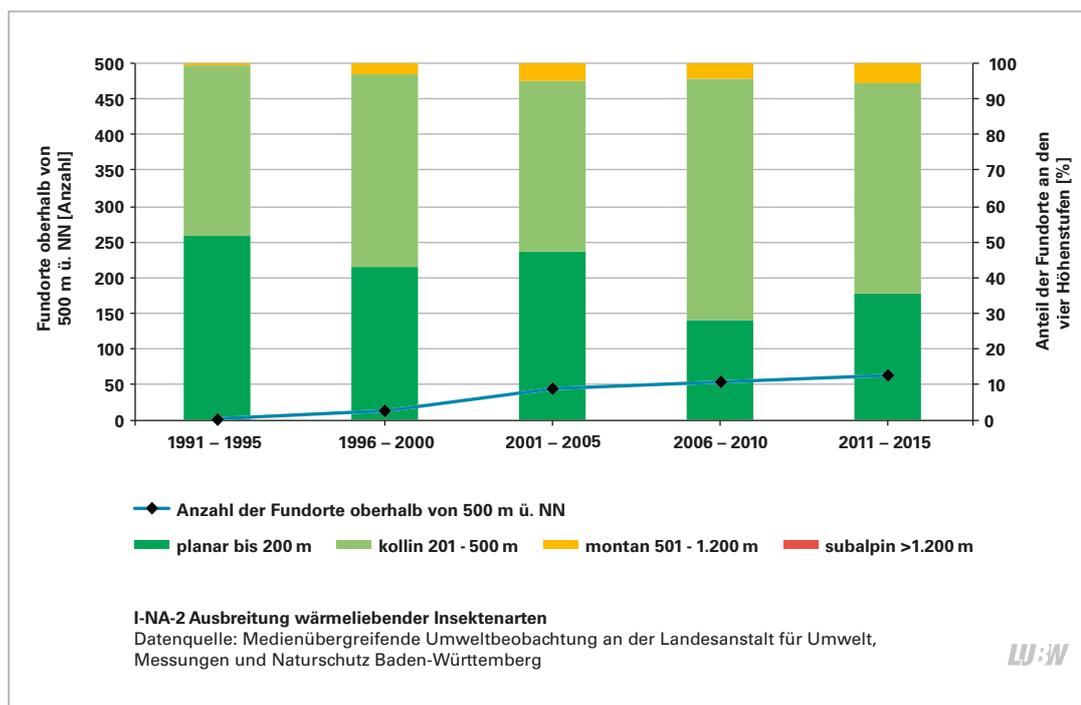
ne folgte dieser Entwicklung, wie Untersuchungen im Rahmen der Medienübergreifenden Umweltbeobachtung der LUBW ergaben. Es ist davon auszugehen, dass sich bei ähnlich systematischen Erhebungen vergleichbare Entwicklungen bei anderen wärmeliebenden Tierarten feststellen lassen. So wird der Bienenfresser (*Merops apiaster*), eine wärmeliebende Vogelart, ebenfalls durch den Temperaturanstieg gefördert.

Unter den Pflanzen häufen sich die Fundnachweise für gebietsfremde wärmeliebende Hirsearten (unter anderem Haarästige Hirse: *Panicum capillare*, Aleppohirse: *Sorghum halepense*).

Grundsätzlich ist bei allen Beobachtungen zu Veränderungen von Vorkommen und Arealen von Tieren und Pflanzen zu berücksichtigen, dass neben Effekten des Klimawandels auch Veränderungen der Landnutzung einen erheblichen Einfluss auf die Arten haben.

Kurz gesagt:

- Seit 1990 breiten sich wärmeliebende Insektenarten aus.
- Temperaturerhöhung sorgt für geeignete Lebensbedingungen, selbst in höheren Lagen.
- Ursprünglich kühlere Landesteile werden besiedelt.
- Funde wärmeliebender Pflanzenarten nehmen zu.



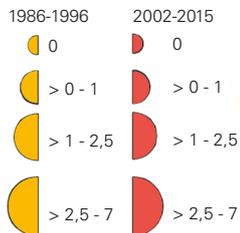
QUERVERWEISE:

► I-GE-2: Ambrosia-vorkommen

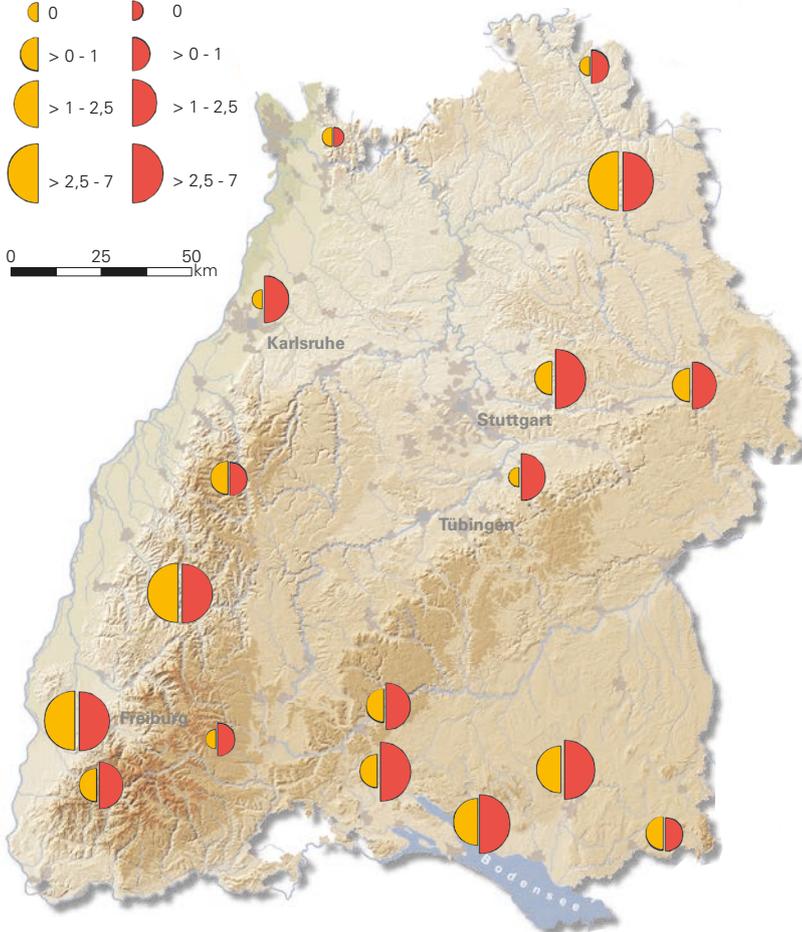


HANDLUNGSFELD NATURSCHUTZ UND BIODIVERSITÄT

Mittlere Anzahl Klimaindikatoren [Anzahl]



0 25 50 km



I-NA-3: Flechten als Klimawandelindikatoren

Ausbreitung wärmeliebender Flechtenarten

Grundlage: © LGL BW, LUBW

LU:W

Artenspektrum bei Flechten ändert sich

Pflanzenarten passen ebenso wie Tiere ihre Areale an sich verändernde Lebensraumbedingungen an. Dies lässt sich in Baden-Württemberg beispielhaft für auf der Rinde von Bäumen lebende (epiphytische) Flechtenarten nachweisen. Flechten reagieren vergleichsweise empfindlich auf Klimaveränderungen, da sie als wechselfeuchte Organismen direkt mit der Atmosphäre interagieren. Im Gegensatz zu

Gefäßpflanzen sind sie im Winter stoffwechsellaktiv und eignen sie daher auch, um Witterungsveränderungen in den Wintermonaten anzuzeigen.

Die Veränderungen der Flechtengemeinschaften werden in Baden-Württemberg an 17 Standorten der Medienübergreifenden Umweltbeobachtung der LUBW systematisch untersucht. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf 45 Flechtenarten, die als „Klimawandelindikatoren“ eingestuft sind, da sie in milden und eher atlantisch geprägten Klimagebieten beheimatet sind. Sie breiten sich von Westen und Süden kommend nach Norden und Osten hin aus.

Von Mitte der 1980er-Jahre bis heute hat die durchschnittlich erfasste Anzahl wärmeliebender Flechtenarten zugenommen. Seit 2002 verläuft diese Entwicklung beschleunigt. Im Jahr 2015 wurden insgesamt 18 unterschiedliche Klimawandelindikatoren nachgewiesen. Entsprechend der für die Kartendarstellung gewählten Kategorisierung weisen 11 von 17 Waldstandorten beim Vergleich der Zeiträume 1986-1996 und 2002-2015 eine Zunahme der Klimawandelindikatoren auf. Selbst in kühlen, teils über 1.000 Meter hoch gelegenen Wäldern lässt sich diese Entwicklung beobachten. Die Zunahme wärmeliebender Flechtenarten vollzieht sich somit im gesamten Bundesland und in allen Höhenstufen.

Zusätzlich zu dieser Entwicklung lässt sich beobachten, dass die an den Waldbäumen insgesamt nachgewiesenen Flechtenarten immer atlantischer werden. Das heißt, innerhalb der Flechtenartengemeinschaft erlangen diejenigen Arten zunehmende Bedeutung, die milde und im Jahresverlauf weniger stark schwankende Temperaturen und niederschlagsreichere Winter bevorzugen. Die mittlere Kontinentalitätszahl der Gemeinschaft nimmt deshalb im Verlauf der Zeitreihe ab. Aufgrund der noch wenigen Datenpunkte lässt sich aber bisher





HANDLUNGSFELD NATURSCHUTZ UND BIODIVERSITÄT

keine statistisch gesicherte Trenaussage treffen. Die Ergebnisse zeigen für den Untersuchungszeitraum deutlich den Einfluss des Temperaturanstiegs auf die Flechtengemeinschaften. Die beobachteten Veränderungen werden durch ähnliche Beobachtungen in Nordrhein-Westfalen oder Bayern bestätigt.

Ein direkter Vergleich zwischen den 17 beobachteten Standorten ist nicht möglich, da die einzelnen Standorte schon aufgrund ihrer Baumartenzusammensetzung, der Altersstruktur des Baumbestands und des Kronenschlusses sehr unterschiedliche Bedingungen für den Aufwuchs von Flechten bieten. Auch die lokale Immissionsituation kann sich unterscheiden. Ein Standort wie Weinheim (Schriesheim) im Nordwesten des Landes, wo noch immer bestehende Immissionsbelastungen mit standörtlicher Lufttrockenheit einhergehen, ist daher im Vergleich zu anderen Standorten nur gering mit Flechten besiedelt. Erfreulicherweise ist festzustellen, dass die inzwischen vermin-

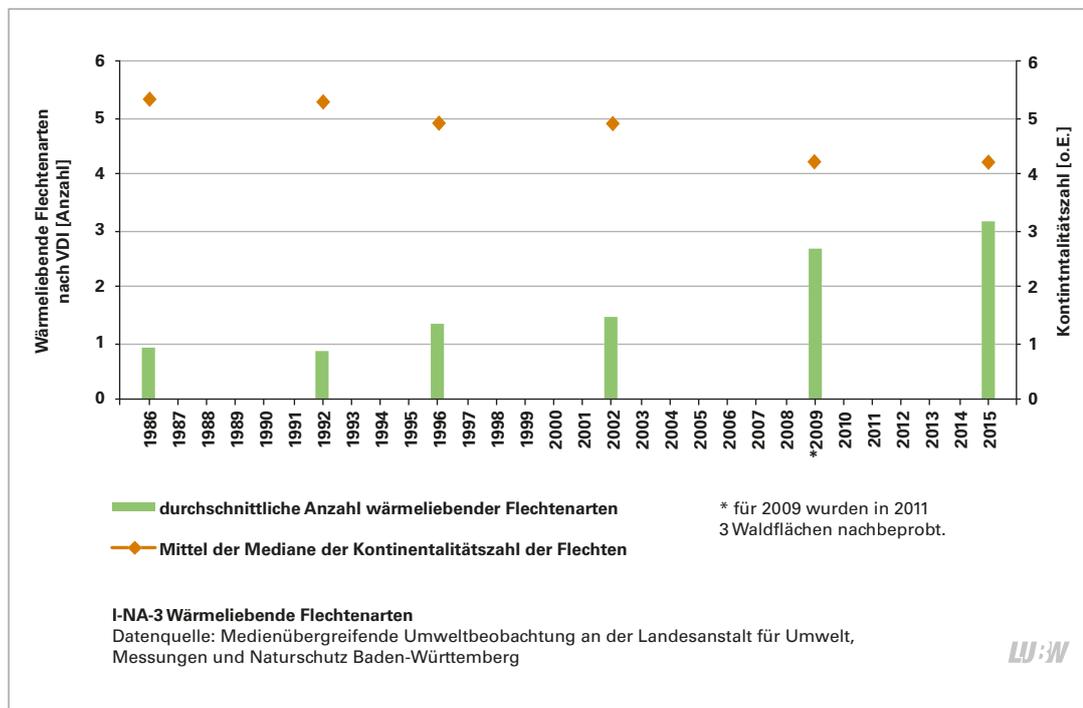
dete Immissionsbelastung durch saure Luftschadstoffe generell die Ausbreitung von Flechten an den Waldstandorten begünstigt hat. Auch in ehemals stark mit sauren Immissionen belasteten Gebieten wie in Karlsruhe sind Flechten heute häufig.

Die Veränderungen des angestammten Flechtenartenspektrums können Auswirkungen auf das Ökosystem Wald haben, da Flechten zahlreichen Kleintieren Unterschlupf bieten sowie als Brutstätte oder Nahrungsquelle dienen. Aufgrund der Komplexität der Beziehungen zwischen den Arten lässt sich dieser Einfluss aber derzeit nicht detaillierter fassen.

Bei Pflanzenarten wie den Moosen wird ebenfalls eine Zunahme von ozeanischen oder (sub-)mediterranen Arten erwartet. An kühle Habitate angepasste Arten werden zurückgehen oder in höhere Lagen der Mittelgebirge ausweichen.

Kurz gesagt:

- Wärmeliebende Flechtenarten besiedeln ehemals kühlere Regionen.
- Atlantisches Klima bevorzugende Flechtengemeinschaften gewinnen bei uns an Bedeutung.





Handlungsfeld Wasserhaushalt

INDIKATOREN

I-WH-1: Grundwasserstand und Quellschüttung

I-WH-2: Hochwasser

I-WH-3: Niedrigwasser

I-WH-4: Sauerstoffgehalt im Bodensee

R-WH-1: Gewässerstruktur

R-WH-2: Investitionen in den Hochwasserschutz



Baden-Württemberg ist ein wasserreiches Land. Der Bodensee ist – nach dem niederländischen IJsselmeer und dem Genfer See in der Schweiz – mit einer Fläche von 535 Quadratkilometern der drittgrößte See Mitteleuropas. Außerdem gibt es rund 4.500 weitere natürliche und künstliche Seen, die zusammen genommen zusätzliche 127 Quadratkilometer Wasseroberfläche ausmachen. Rund 38.000 Kilometer Fließgewässer durchziehen das Land. Die bedeutendsten sind der Rhein, der Neckar und die Donau.

Das durchschnittliche jährliche Wasserdargebot über Grundwasser- und Oberflächengewässerzuflüsse aus umgebenden Regionen und Niederschlägen beträgt 49 Milliarden Kubikmeter Wasser – etwa so viel wie das Bodenseevolumen. Davon werden 10% genutzt. Neben der Gewinnung von Trinkwasser – 75% des Trinkwassers stammen in Baden-Württemberg aus dem Grundwasser – bestehen weitere Gewässernutzungen in der Bereitstellung von Kühl- und Produktionswasser für Industrie und Gewerbe sowie in der Erzeugung von Energie durch Wasserkraft.

Der Klimawandel nimmt mit Veränderungen der Lufttemperatur und des jahreszeitlichen Verlaufs der Niederschläge Einfluss auf den Wasserhaushalt und damit auch auf wichtige

Gewässernutzungen. Baden-Württemberg startete im Jahr 1999 gemeinsam mit Bayern und dem Deutschen Wetterdienst das Projekt KLIWA „Klimawandel und die Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“. Für den Zeitraum 2021 bis 2050 wurden mögliche Konsequenzen der Klimaveränderungen auf den regionalen Wasserhaushalt erforscht. Demnach ist zu erwarten, dass Baden-Württemberg zwar reich an Grundwasser bleibt, aber es ist nicht ausgeschlossen, dass in den Sommermonaten das Wasser knapp werden könnte. Dies betrifft vor allem die Schifffahrt, da bei Niedrigwasser die Binnenschifffahrt eingestellt werden muss, aber auch Kraftwerke, da Wasserknappheit zu Kühlwassermangel führen kann. Außerdem sind höhere Schäden durch vermehrtes Auftreten von Hochwasser und Überschwemmungen sowie höhere Kosten für den Hochwasserschutz zu erwarten.

Wichtig ist es, die Projektionen in die Zukunft durch konkrete Beobachtungen abzusichern. Die Wassermenge und -qualität von Grund- und Oberflächengewässern unterliegen in Baden-Württemberg einer regelmäßigen Überwachung. Das Land leistet damit auch seinen Beitrag zur Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie.



Grundwasser – keine Engpässe in der Wasserversorgung

In Baden-Württemberg wird der Wasserbedarf der öffentlichen Wasserversorgung zu rund 73% aus Grund- und Quellwasser sowie zu rund 27% aus Oberflächenwasser gedeckt. Die Verfügbarkeit von ausreichend Grundwasser in hoher Qualität ist daher unabdingbar für die Aufrechterhaltung der Wasserversorgung.

In Baden-Württemberg führen unter anderem die geologischen und hydrologischen Verhältnisse zu einer regional sehr unterschiedlichen Verteilung der Grundwasservorkommen. Im Landesinneren gibt es größere wasserarme Gebiete, beispielsweise im Karst der Jura- und Muschelkalkgebiete wie der Schwäbischen Alb. Die größten Wasservorkommen liegen in den Randbereichen des Landes, im Oberrheingraben, im Donauried oder im Bodensee. In den wasserarmen Gebieten ist es denkbar, dass sich länger andauernde Phasen hoher Temperaturen und geringer Niederschläge nachteilig auf die Grundwasserstände auswirken können. Wegen der bestehenden Fernwasserversorgungssysteme und kleinräumiger Wasserverbünde stellte die mengenmäßige Wasserversorgung in Baden-Württemberg bislang grundsätzlich kein Problem dar. In Gemeinden, die für die öffentliche Trinkwasserversorgung ausschließlich auf Quellen zurückgreifen und über kein zweites Standbein verfügen, sowie im Bereich der privaten Wasserversorgung kam es im Hitzesommer 2003 vereinzelt zu Engpässen. Die Sicherung der Grundwasserressourcen ist zudem Ziel der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Demnach sind die Mitgliedsstaaten verpflichtet, für die Grundwasserkörper einen guten mengenmäßigen Zustand zu sichern oder zu erreichen. Das heißt, es ist sicherzustellen, dass die Nutzungsmenge nicht die Grundwasserneubildungsrate übersteigt und die Grundwasservorräte nicht aufgezehrt werden. In Baden-Württemberg wird dieses Ziel aktuell für 100% aller Grundwasserkörper erreicht.

Der Klimawandel beeinflusst die Grundwasserneubildung durch veränderte Temperaturen und Niederschläge. Bei steigenden Temperaturen erhöht sich die Verdunstung, und es verringert sich aufgrund der verminderten Versickerung die Grundwasserneubildung. Die bereits beobachtbare jahreszeitliche Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter führt zunächst nicht zwangsläufig zu Veränderungen der Grundwasserstände, da Grundwas-





HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT

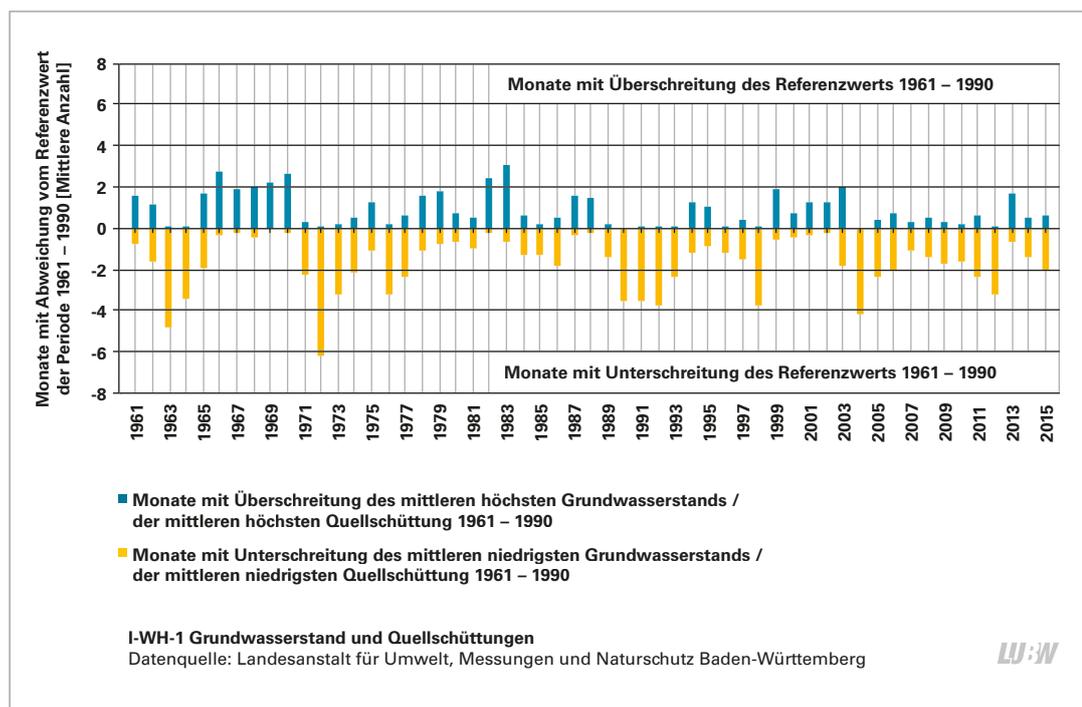
servorkommen im Vergleich zu Oberflächengewässern träge Systeme sind und langfristiger auf die Verschiebung von Niederschlagsmengen reagieren. Schwankungen zwischen den Jahren können sich ausgleichen, sofern nicht mehrere Jahre mit sehr ausgeprägten Witterungsverhältnissen aufeinander folgen. Wichtig ist allerdings, dass der Klimawandel nicht nur die Grundwasserneubildung, sondern auch die Nutzung des Grundwassers beeinflusst. So können im Sommer Grundwasservorräte durch erhöhten Trinkwasserbedarf bzw. zunehmende landwirtschaftliche Beregnung stärker beansprucht werden.

Der Indikator basiert auf Daten zu Grundwasserstand und Quellschüttungen an 32 Messstellen, die über die Grundwasserkörper Baden-Württembergs verteilt sind. Für jede dieser Messstellen wurde für eine Referenzperiode von 1961 bis 1990 der im Mittel dieser Jahre erreichte höchste und niedrigste Wert berechnet. Vergleicht man die an den einzelnen Messstellen gemessenen Monatsmittelwerte mit diesen Referenzwerten, treten Jahre hervor, in denen es in mehreren Monaten zu außeror-

dentlich hohen oder niedrigen Grundwasserständen bzw. Quellschüttungen gekommen ist. Nach statistischer Prüfung ergeben sich jedoch keine Trends in der Zeitreihe. Dennoch scheint es, dass sich eine gewisse Angleichung zwischen den Jahren einstellt und Monate mit besonders niedrigen Grundwasserständen oder geringen Quellschüttungen sehr regelmäßig auftreten. Eine Erklärung hierfür kann sein, dass „richtige“ Nassperioden mit überdurchschnittlicher Grundwasserneubildung in den vergangenen Jahren ausgeblieben sind. Zuletzt gab es eine solche Periode um die Jahrtausendwende. Im Jahr 2002 kam es beispielsweise im Oberrheingraben, wo Siedlungsteile in Bereichen mit einem natürlicherweise hohen Grundwasserstand errichtet wurden, zu nassen Kellern. In der Bilanz werden die Grundwasservorräte bisher nicht aufgezehrt. Für die Zukunft ist bei etwa gleichbleibender jährlicher Niederschlagsmenge von einer Umverteilung des Niederschlags vom Sommer in den Winter auszugehen. In der Folge könnte es zu einer größeren Schwankungsbreite bei Grundwasserstand und Quellschüttungen kommen.

Kurz gesagt:

- Wasservorräte sind in allen Grundwasserkörpern gut.
- Bisher keinen gravierenden Veränderungen bei Quellschüttungen und Grundwasserständen
- Regelmäßig treten Monate mit niedrigen Messständen auf.



QUERVERWEISE:

- I-BO-1: Bodenwasservorräte



Hochwasser – Tendenz steigend

Bereits heute sind etwa 90% der Städte und Gemeinden in Baden-Württemberg potenziell von Hochwasser betroffen. Die Hochwasserentstehung wird größtenteils durch den Niederschlag angetrieben, dessen saisonale Verteilung und Intensität sich infolge des Klimawandels ändern: Die Winterniederschläge nehmen zu und fallen eher als Regen statt als Schnee. Daher ist vor allem im Win-

terhalbjahr mit einer Verschärfung der Hochwassersituation zu rechnen. Insbesondere wenn in den Wintermonaten die Böden bereits wassergesättigt sind, können Niederschläge schnell und direkt abflusswirksam werden. Im Sommer sind in der Regel Starkregenereignisse von kurzer Zeitdauer für die Entstehung lokaler, heftiger Hochwasser verantwortlich. Auch deren Zunahme wird mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht.

Eine Langzeitanalyse (1932-2015) der Hochwasserabfluss-Kennwerte an 30 repräsentativen Fließgewässerpegeln Baden-Württembergs bestätigt, dass die Veränderungen des Winter- und Sommerklimas und insbesondere die sich ändernde Intensität und saisonale Verteilung der Niederschläge das Auftreten von Hochwässern begünstigen. Laut der Analyse nahmen bei bis zu 80% der Pegel die Scheitelwerte der Hochwasser zu (KLIWA 2016). Die Tendenz ist im Winterhalbjahr am stärksten ausgeprägt – der Jahreszeit mit der größten Hochwassergefährdung.

Betrachtet man die Anzahl der in den einzelnen Jahren aufgetretenen Hochwassertage, die sich für die gleichen 30 Fließgewässerpegel ermitteln lassen, so zeigt sich, dass Hochwasser ab etwa Mitte der 1970er-Jahre häufiger auftreten als in der Zeit davor. Seit 2000 sind die Hochwasser tendenziell rückläufig. Rückschlüsse auf die Intensität und das Schadensausmaß können daraus aber nicht abgeleitet werden. Dies zeigt beispielsweise das Jahr 2013, einem Jahr mit relativ wenigen Hochwassern, aber hoher Intensität.

Extremereignisse wie Hochwasser treten grundsätzlich diskontinuierlich auf. So gab es in den Jahren 1945, 1948, 1970, 1988, in etwas schwächerem Maße auch in den Jahren 1983, 1990 und 1994 überdurchschnittlich viele Hochwassertage. Hinzu kommen Perioden wie in den 1930er- und 1950er- sowie Ende der 1970er- bzw. Anfang der 1980er-Jahre und





HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT

in den 1990er-Jahren, in denen es in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren jeweils zu überdurchschnittlich vielen Hochwassertagen an den betrachteten Pegeln kam. Diese Hochwasserereignisse wurden dabei vor allem durch Großwetterlagen mit starken Westströmungen verursacht, die zumeist mit umfangreicheren Niederschlägen einhergehen.

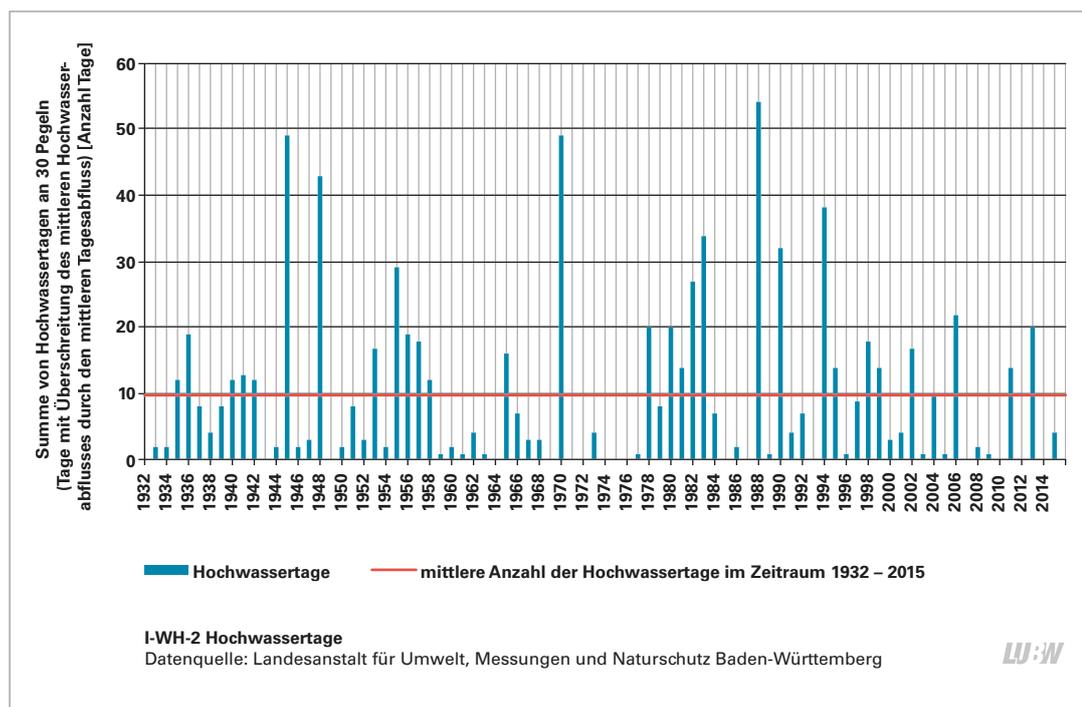
Im Februar 1970 etwa führten ungewöhnlich starke Niederschläge im Januar und Februar, die sich mit der Schneeschmelze überlagerten, zu einem starken Neckar-Hochwasser. Teile der Altstadt von Heidelberg wurden dabei überflutet und mussten evakuiert werden. Ähnlich war die Situation im Februar 1990, was an fast allen Rhein-, Neckar- und Donauzuflüssen aus dem Schwarzwald zu Hochwasserwellen führte. Das Hochwasser des Jahreswechsels 1993/1994 war das markanteste Ereignis des 20. Jahrhunderts im Nord-schwarzwald. Nach ergiebigen Regen- und Schneefällen bis Mitte Dezember und darauf folgenden Starkniederschlägen auf bereits wassergesättigte Böden kam es zu einer star-

ken Überlagerung der Hochwasserwellen an den Mittel- und Unterläufen der Flüsse mit der Folge umfangreicher Hochwasserschäden. Im Jahr 1994 waren mehrere Einzelereignisse für die große Zahl von Hochwassertagen verantwortlich. In den zurückliegenden zwei Jahrzehnten gab es ebenso Jahre mit schadensträchtigen Hochwasserereignissen im Land, so zum Beispiel das Hochwasser im Juni 2013.

Neben klimatischen Verhältnissen nimmt aber auch menschliches Handeln Einfluss auf das Hochwassergeschehen. Die Besiedelung von Auen und Überflutungsflächen, die damit verbundene Flächenversiegelung und der Verlust von Retentionsräumen tragen zu einer Verschärfung der Hochwassersituation bei. Das Wasser kann nicht mehr in der Landschaft zurückgehalten werden, sondern gelangt sehr schnell zum Abfluss. Abschwächend auf das Hochwassergeschehen wirken sich hingegen gezielte Maßnahmen zur Hochwasserrückhaltung oder Renaturierungsmaßnahmen an Gewässern aus.

Kurz gesagt:

- Ab etwa Mitte der 1970er-Jahre treten Hochwässer häufiger auf als in der Zeit davor.
- Bis zu 80 % der Messstellen zeigen steigende Scheitelwerte der Hochwasser.



QUERVERWEISE:

- R-WH-2: Investitionen in den Hochwasserschutz
- R-SR-2: Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsfläche



Immer wieder extreme Niedrigwasserereignisse

Länger anhaltende Trockenzeiten mit Niederschlagsmangel und hoher potenzieller Verdunstung verschärfen insbesondere bei bereits niedrigen Grundwasserständen die jahreszeitlich bedingten Niedrigwasser. Bei den tendenziell abnehmenden Sommerniederschlägen muss für das hydrologische Sommerhalbjahr

von Mai bis Oktober mit einer Verschärfung der Niedrigwassersituation gerechnet werden.

Die Messungen an zehn repräsentativen Pegeln in Baden-Württemberg kommen zu dem Ergebnis, dass die Anzahl der an diesen Pegeln ermittelten Niedrigwassertage im Zeitraum 1951 bis 2015 bisher nicht zugenommen hat. Niedrigwassertage sind beschrieben als Tage, an denen der mittlere Tagesabfluss unter dem langjährigen mittleren Niedrigwasserabfluss liegt. Da die Niedrigwasserentstehung an einem Gewässer neben den Niederschlagsverhältnissen auch maßgeblich durch die Grundwasserzuflüsse beeinflusst wird, kann sich eine umfangreiche Grundwasserneubildung im Winter mit hohen Grundwasserständen zu Beginn einer Trockenperiode positiv auf den Abfluss auswirken.

Extremjahre wie 1954, 1963, 1964, 1972 und 1976 sowie in etwas geringerem Maße auch die Jahre 1991, 2003, 2012 und 2015, in denen es zu außerordentlich vielen Niedrigwassertagen an den beobachteten Pegeln gekommen ist, waren durch außergewöhnlich trockene Witterung gekennzeichnet. Im Jahr 1964 beispielsweise war mehr als die Hälfte des Jahres im Vergleich zum langjährigen Niederschlagsmittel zu trocken. Der Sommer 1976 wurde als „Europas große Dürre“ bekannt, da er bis dahin der trockenste Sommer seit Beginn der regelmäßigen Aufzeichnungen war und die Trockenheit gravierende Auswirkungen auf Schifffahrt und Landwirtschaft hatte. Auch das Jahr 2003 war ein ausgeprägtes Trockenjahr mit einem erheblichen sommerlichen Niederschlagsdefizit verbunden mit überdurchschnittlichen Temperaturen. Dies führte zu einer ausgeprägten Niedrigwasserphase im Sommer und Herbst am Rhein. So sank der Pegel Maxau am Oberrhein am 22.09.2003 auf 320 Zentimeter; der Mittelwert liegt bei 516 Zentimeter. Auch der Bodensee war betroffen. Am 23. September sank der Bodenseespiegel bei Konstanz auf den tiefsten Septemberwasserstand seit dem





HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT

Messbeginn im Jahr 1829. Detaillierte Betrachtungen der einzelnen Pegel machen deutlich, dass in den genannten Jahren nahezu alle Pegel und damit viele Flüsse von Niedrigwasser betroffen waren. Dennoch gibt es auch Niedrigwasserjahre wie 2015, in dem Niedrigwasser nicht flächendeckend in Baden-Württemberg aufgetreten ist. In diesem Jahr waren insbesondere kleinere und mittlere Zuflüsse zum Oberrhein sowie kleinere Zuflüsse zum Neckar betroffen. In den größeren Flüssen wie dem Hoch- und Oberrhein, der Donau und dem Neckar sowie im Bodensee lagen die Werte hingegen über der jeweiligen mittleren jährlichen Niedrigwasserkenngröße.

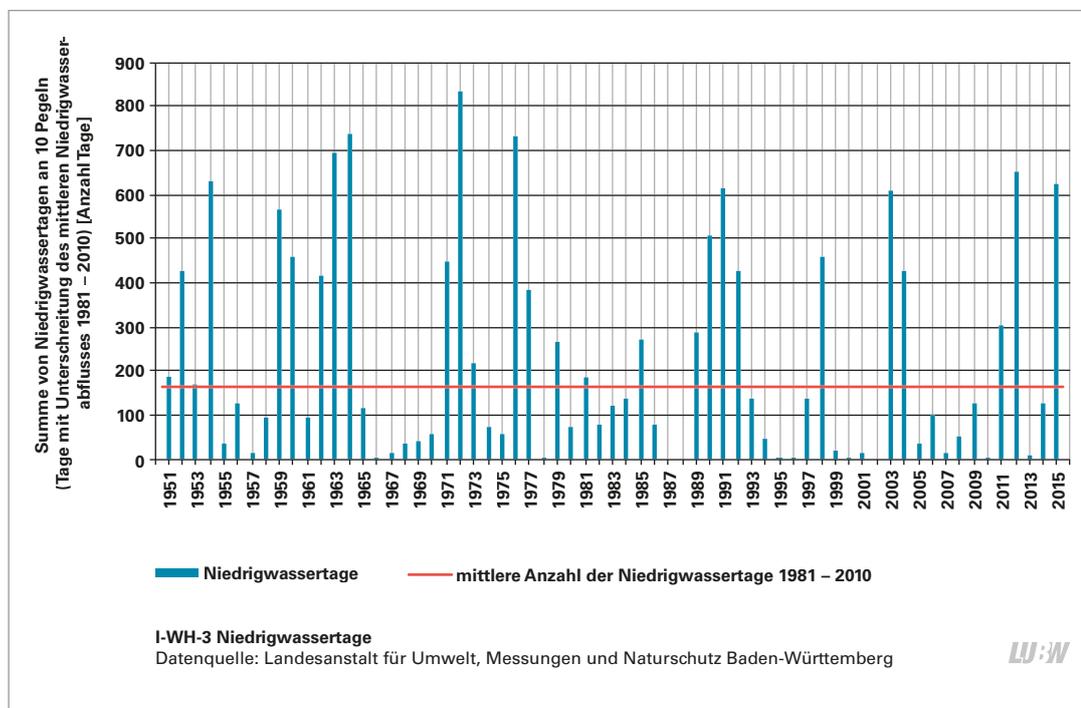
Niedrigwasserereignisse beeinflussen die Gewässerqualität. Infolge verringerter Fließgeschwindigkeiten und schnellerer Wassererwärmung kommt es zu verstärktem Biomassewachstum und vermehrter Sauerstoffzehrung

bis hin zum Auftreten von Fischsterben. Bei Niedrigwasser können außerdem Gewässernutzungen eingeschränkt sein. Hierzu gehören Einleitungen von Abwasser und Kühlwasser, die auf Mindestwassermengen angewiesen sind, um eine ausreichende Verdünnung sicherzustellen. Auch die Flussschifffahrt ist unterhalb einer flussspezifischen Mindestwasserführung nur noch eingeschränkt möglich.

Erste Handlungsstrategien für das Niedrigwasser-Management wurden bereits entwickelt. Hierzu zählt die Einrichtung einer täglich abrufbaren Niedrigwasservorhersage bei der LUBW. Wichtige Steuerungsmöglichkeiten für die Minderung der Niedrigwassergefahr sind die Reduzierung von Wasserentnahmen sowie die Beeinflussung der Flächennutzung in den Einzugsgebieten, sodass eine intensivere Grundwasserneubildung stattfinden kann.

Kurz gesagt:

- Niedrigwassertage haben bisher nicht zugenommen.
- Es gibt aber immer wieder Jahre mit sehr ausgeprägten Niedrigwasserereignissen.





HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT



Sauerstoffdefizite im Bodensee nach warmen Wintern

Die Wasserqualität eines Sees und die Funktionsweise eines gesamten Stillgewässerökosystems stehen in einem engen Zusammenhang mit den Durchmischungsverhältnissen und der Nährstoffbelastung. In den warmen Monaten des Jahres baut sich vor allem in tiefen Gewässern eine stabile Temperaturschichtung

auf, da die sommerliche Sonneneinstrahlung zwar das Oberflächenwasser, nicht aber die tiefen Wasserschichten erwärmt. Diese stabile Schichtung des Wasserkörpers, die Sommersagnation, verhindert den Austausch von Sauerstoff und Nährstoffen zwischen den Schichten. Während der Stagnationsphase wird der im Tiefenwasser befindliche Sauerstoff schrittweise aufgezehrt.

Bei sinkenden Temperaturen des Oberflächenwassers setzt im Herbst oder Winter die Zirkulation erneut ein. Dadurch gelangt Sauerstoff wieder in die tieferen Schichten. Aufgrund der enormen Größe des Wasserkörpers des Bodensees speichert der See im Sommer so viel Wärme, dass die für eine Vollzirkulation erforderliche Abkühlung des Oberflächenwassers in der Regel erst im Spätwinter (Februar) erreicht wird. Das geschieht aber nur dann, wenn der Winter kalt genug ist.

Der Klimawandel kann dazu führen, dass sich die Wassertemperaturen bei mildereren Wintern nicht mehr in ausreichendem Maße abkühlen, um eine Durchmischung des Wasserkörpers auszulösen. Dies würde bedeuten, dass sich das Sauerstoffdefizit aus dem Sommer nur noch eingeschränkt abbauen kann.

Grundlage der Darstellung sind Messungen zur Entwicklung des Sauerstoffgehalts im Tiefenwasser des Bodensees. Die Datenreihe zeigt das jährliche Sauerstoffminimum an der tiefsten Stelle des Sees. Für andere Seen in Baden-Württemberg ist die Datenverfügbarkeit für vergleichbare Darstellungen nicht ausreichend.

Der Sauerstoffgehalt steht neben den Durchmischungsverhältnissen in engem Zusammenhang mit der Nährstoffbelastung. Vor allem zu hohe Phosphorkonzentrationen fördern das Algenwachstum. Da für den mikrobiellen Abbau der Algenbiomasse Sauerstoff benötigt wird, sinkt bei hohen Phosphor-





HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT

gehalten der Sauerstoffgehalt. Vor diesem Hintergrund sind parallel zur Entwicklung der Sauerstoffgehalte auch immer die Phosphorgehalte zu betrachten.

In den letzten Dekaden ist der Sauerstoffgehalt im Bodensee gestiegen. Ursache hierfür ist die Verringerung der Nährstoffbelastung mit einem Rückgang der Phosphorgehalte. Diese betragen Ende der 1970er- und Anfang der 1980er-Jahre noch über 80 mg pro Kubikmeter Wasser, pendelten sich aber inzwischen bei unter 10 mg ein. Als Folge haben sich auch die Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser verbessert. Gleichzeitig mit der Stagnation der Phosphorgehalte ab etwa 2005 verändern sich auch die Sauerstoffgehalte nicht mehr deutlich.

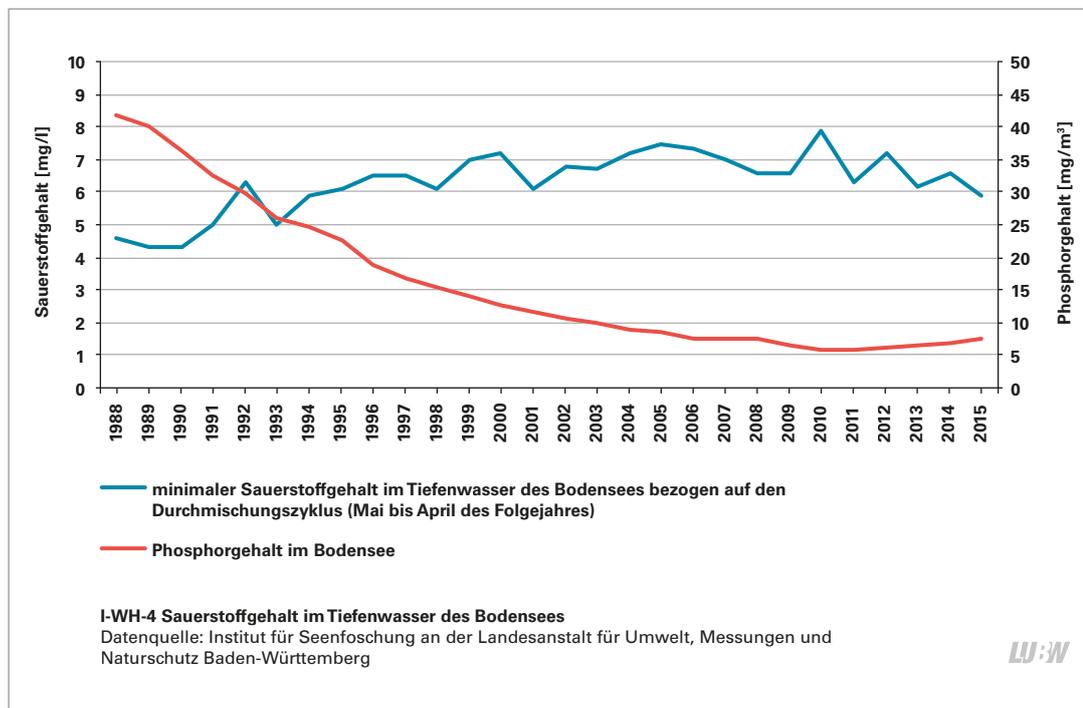
Dass die Sauerstoffgehalte in den letzten Jahren in der Tendenz leicht rückläufig waren, lässt sich mit dem sehr geringen Wiederanstieg der Phosphorgehalte allein nicht erklä-

ren. Diese Entwicklung ist vielmehr Ergebnis einer schlechteren Durchmischung aufgrund wärmerer winterlicher Witterungsverläufe. Dies hat dazu geführt, dass der Transport von sauerstoffreichem Wasser aus den oberen Schichten in das Tiefenwasser behindert war.

Einzelne kältere Winter in den nächsten Jahren könnten die Durchmischung wieder anregen und die Sauerstoffgehalte erhöhen. Allerdings ist auch künftig mit einer Häufung von Jahren schlechter vertikaler Durchmischung zu rechnen. In Zukunft muss daher beobachtet werden, wie sich diese Phasen schlechter Durchmischung auf die Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser auswirken und ob kritische Werte erreicht werden. Hinzu kommt, dass der Sauerstoffgehalt im Bodensee aufgrund der bereits erfolgten Reduzierung der Überdüngung im Umfeld nur noch in geringem Umfang durch Anpassungsmaßnahmen beeinflusst werden kann.

Kurz gesagt:

- Wärmere Winter infolge des Klimawandels gefährden zukünftig eine ausreichende Durchmischung.
- Wärme Winter in den letzten Jahren haben bereits zu Sauerstoffrückgängen geführt.





Gewässerstrukturen müssen naturnäher werden

In Anbetracht des erwarteten Anstiegs der Hoch- und Niedrigwassergefahr gewinnt der Wasserrückhalt in der Fläche als geeignete Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel an Bedeutung. Je langsamer Oberflächenwasser den Gewässern zufließt, desto mehr Wasser steht für die Grundwasserneubildung zur

Verfügung und kann in Niedrigwasserperioden den Gewässern zufließen. Zudem fallen Hochwasserscheitel niedriger aus. Maßnahmen der Flächenentsiegelung, die Erhaltung und Wiedervernässung von Feuchtgebieten oder auch eine angepasste landwirtschaftliche Bodennutzung, die unter anderem für eine ganzjährige Bodenbedeckung und die Erhaltung des Grünlands sorgt, steigern das Retentionsvermögen. Eine vielfältige, naturnahe Gewässerstruktur unterstützt den Wasserrückhalt, denn strukturreichere Gewässer können den Abfluss verlangsamen. Natürliche Ausuferungen von Gewässern sowie die großflächige Wiederanbindung von Auen und Altarmen erhöhen die Wasserspeicherkapazitäten. Die Notwendigkeit naturnaher Gewässerstrukturen ist erkannt. Nicht zuletzt besteht mit den Regelungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie die Verpflichtung, den ökologischen Zustand der Gewässer zu verbessern. Vor diesem Hintergrund wurden auch in Baden-Württemberg in den vergangenen Jahren Bewirtschaftungspläne erarbeitet und mit der Planung und Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur begonnen.

Die Gewässer werden regelmäßig kartiert, um die Fortschritte bei der Umsetzung zu erfassen. Dabei wird der Grad der Abweichung von der potenziell möglichen natürlichen Gewässerstruktur in sieben Stufen bewertet. Stufe 7 bedeutet, dass das Gewässer strukturell vollständig verändert ist, Stufe 1 kennzeichnet Gewässer im unveränderten Zustand. Die Auswertung wird differenziert für erheblich und nicht-erheblich veränderte Gewässer durchgeführt. Für die erstgenannten ist aufgrund spezifischer Nutzungen nur eine eingeschränkte Entwicklung der Gewässerstruktur möglich.

Grundsätzlich wird deutlich, dass ein hoher struktureller Verbesserungsbedarf besteht. Dieser gilt unabhängig vom Klimawandel,



HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT

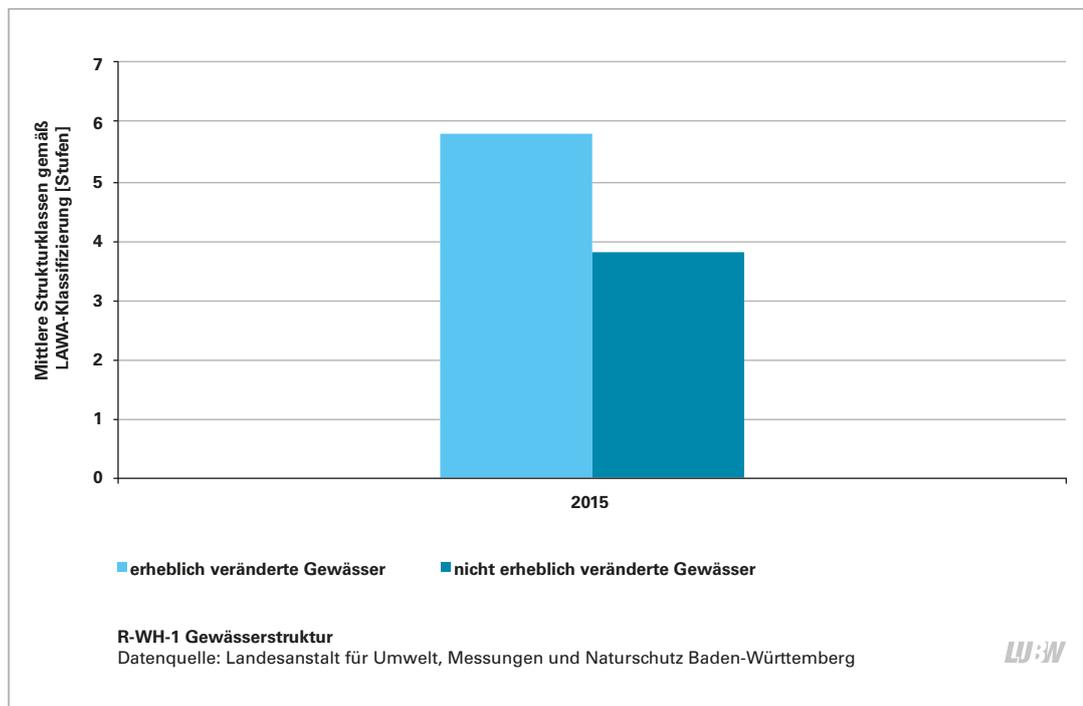
wird jedoch als Anpassungsmaßnahme vor dem Hintergrund zunehmender Hoch- und Niedrigwasserereignisse immer wichtiger. Im 2016 gestarteten zweiten Bewirtschaftungszyklus der Wasserrahmenrichtlinie sind bis 2021 umfangreiche Maßnahmen durchzuführen, um die Struktur und die Durchgängigkeit der Gewässer zu verbessern.

Ein wesentlicher Effekt einer Renaturierung von Gewässern ist die Erhaltung oder Schaffung von Lebensräumen und die Verbesserung der Lebensbedingungen für die im und am Gewässer lebenden Pflanzen und Tiere. Dies ist mit Blick auf den Klimawandel inso-

fern von Bedeutung, als kälteliebende Arten bei erhöhten Wassertemperaturen gezwungen sind, sich flussaufwärts in kühlere Gewässerabschnitte zurückziehen, während sich wärmeliebende Arten weiter ausbreiten. Für diese Wanderungen sind hindernisfreie Gewässerstrukturen eine wichtige Voraussetzung. Darüber hinaus bieten reicher strukturierte Gewässer Kleinhabitate wie tiefe Bereiche, Kolke oder Schnellen, die lokal die Lebensbedingungen für kälteliebende Arten verbessern. Ein naturnaher Bewuchs an den Gewässerrändern führt zudem zur Beschattung des Wasserkörpers und reduziert die Wassertemperatur.

Kurz gesagt:

- Naturnahe Gewässerstrukturen sind wichtig zur Minderung von Hoch- und Niedrigwassergefahren.
- Gewässerstrukturen müssen erheblich verbessert werden.





Mehr Geld für den Hochwasserschutz

Die Ausgaben des Landes für technisch-infrastrukturelle Maßnahmen zum Hochwasserschutz sind in den zurückliegenden 15 Jahren signifikant angestiegen. Dies gilt für Gewässer I. Ordnung, also Gewässer mit erheblicher wasserwirtschaftlicher Bedeutung, sowie für die an die Kommunen gerichteten Zuwendungen für lokale Hochwasserschutzmaßnahmen an Gewässern II. Ordnung. In 2016 wird

sich diese Entwicklung voraussichtlich fortsetzen. Kleinere Schwankungen lassen sich nicht interpretieren bzw. sind von geringer Bedeutung. Regionale Schwerpunkte der Finanzierung von Hochwasserschutzmaßnahmen waren in den letzten Jahren die Maßnahmen des Integrierten Rhein-Programms (IRP) für die umweltverträgliche Wiederherstellung des Hochwasserschutzes am Oberrhein und die Dammertüchtigungsmaßnahmen am nördlichen Oberrhein.

Bereits seit 2005 werden bei der Planung von Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes mögliche Folgen des Klimawandels berücksichtigt. Die Konzipierung der Maßnahmen folgt einer „Flexible-and-no-regret“-Strategie. Die Maßnahmen sollen demnach langfristig auf keinen Fall nachteilig sein, aber gleichzeitig ausreichend Spielraum für eine Anpassung an neue Erkenntnisse lassen. Bei der für die Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen erforderlichen Festlegung von Bemessungsabflüssen wird das zukünftig zu erwartende Hochwasser als sogenannter „Lastfall Klimaänderung“ mit untersucht. Dem alten Bemessungsabfluss wird dabei ein regional spezifischer Klimaänderungsfaktor aufgeschlagen. Für den Neckar wird beispielsweise angenommen, dass ein Jahrhunderthochwasser in Zukunft um 15% höher ausfällt, für die obere Donau wird von 25% ausgegangen. Eine entsprechende Auslegung der Maßnahmen und die damit möglicherweise verbundenen Mehrkosten werden dann in der Planung berücksichtigt. Die für den Lastfall erforderlichen Maßnahmen werden entweder direkt baulich umgesetzt, oder es werden zumindest Vorkehrungen für eine spätere Anpassung getroffen. Zum Beispiel kann das Fundament einer Hochwasserschutzmauer gleich so dimensioniert werden, dass sich die Mauer später problemlos erhöhen lässt. Solche Vorkehrungen helfen Kosten zu sparen, denn nachträgliche Umbauten technischer Hochwasserschutzrichtungen sind oft sehr kostspielig.





HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT

Erste positive Effekte dieser Maßnahmen werden bereits offensichtlich. Bei den Hochwasserereignissen nach 2005 wurde bei neu gebauten Hochwasserrückhaltebecken beobachtet, dass der zusätzlich vorhandene Retentionsraum teilweise oder ganz beansprucht worden ist. Dies war beispielsweise beim Hochwasser im Juni 2013 und bei verschiedenen lokalen Starkregenereignissen im Sommer 2014, 2015 und Ende Mai 2016 der Fall.

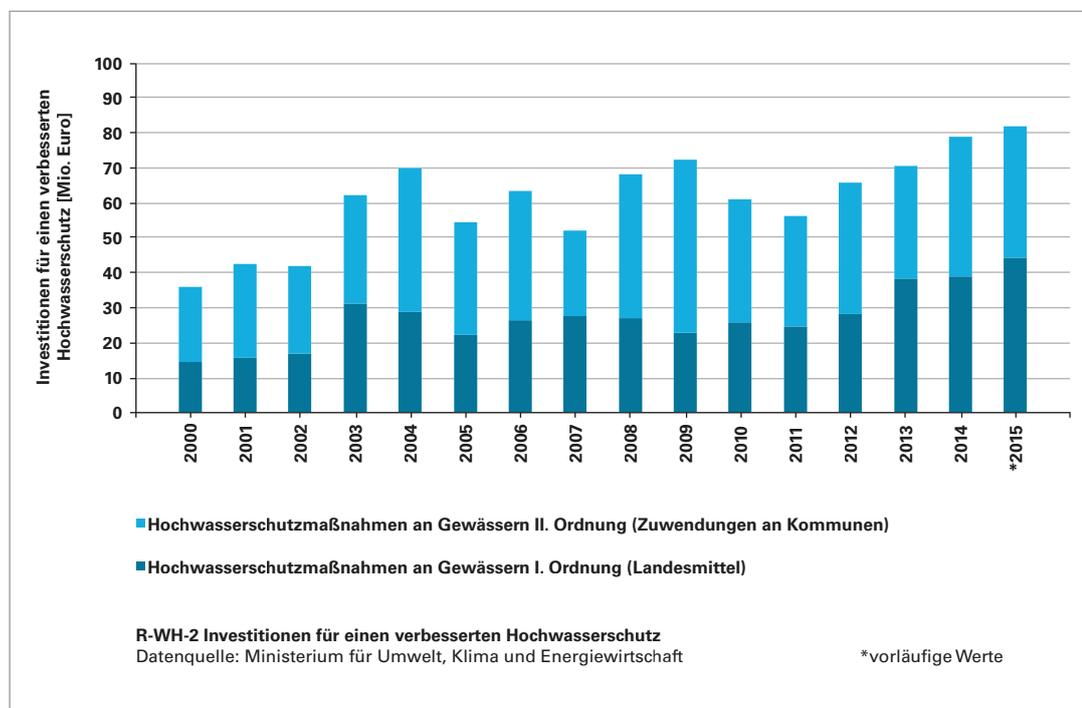
Neben den in der Grafik abgebildeten Maßnahmen des technisch-infrastrukturellen Hochwasserschutzes werden auch organisatorische, informatorische oder planerische Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements sukzessive umgesetzt. Ein wichtiges Managementinstrument sind insbesondere die Hochwassergefahrenkarten. Sie gelten an über 11.000 Gewässer-Kilometern in Baden-Würt-

temberg und setzen die von einem 100-jährlichen Hochwasser betroffenen Flächen sowohl inner- als auch außerorts als Überschwemmungsgebiete fest. Diese haben das Ziel, Retentionsflächen zu erhalten und unterliegen erheblichen Einschränkungen hinsichtlich ihrer Bebaubarkeit. Zulassungen sind nur bei Nachweis der Hochwasserneutralität möglich. Die Erhaltung und Förderung von Überschwemmungsflächen, den Auen, bekommen vor dem Hintergrund des Klimawandels eine noch größere Bedeutung.

Das Hochwasserrisikomanagement liegt zudem nicht allein in öffentlicher Hand. Es ist vielmehr ein breites Spektrum von Akteuren angesprochen, bis hin zu Unternehmen sowie Bürgerinnen und Bürgern, die zur Eigenvorsorge aufgefordert sind.

Kurz gesagt:

- Aufwendungen für technischen Hochwasserschutz wurden erhöht.
- Zusätzlich wurden nicht-technische Maßnahmen des Hochwassermanagements umgesetzt.
- Positive Effekte der Anpassungsmaßnahmen wurden festgestellt.



QUERVERWEISE:

- R-WH-1: Gewässerstruktur



Handlungsfeld Tourismus

INDIKATOREN

- I-TO-1:** Tage mit Touristenklima
- I-TO-2:** Saisonalität von Übernachtungen
- I-TO-3:** Schneedecke für den Wintersport
- I-TO-4:** Übernachtungen in Wintersportorten



Die Tourismusbranche ist ein bedeutender Wirtschaftsfaktor und Arbeitgeber in Baden-Württemberg. 2015 waren rund 326.500 Menschen in der Tourismusbranche beschäftigt, und der Bruttoumsatz der Branche lag bei 20,3 Milliarden Euro. Besonders in ländlich geprägten Regionen bieten touristische Anziehungspunkte sowie Heilbäder und Kurorte Einkommensmöglichkeiten und Absatzmärkte. Wichtige Reiseregionen Baden-Württembergs sind der Schwarzwald und die Bodenseeregion. Eine zunehmende Bedeutung haben Städtereisen, ein Trend, der sich bundesweit abzeichnet. Der Anteil der Kurgäste unter den Reisenden hingegen sinkt.

Baden-Württemberg wird als Reiseland bei inländischen und ausländischen Gästen immer beliebter. Die Zahl der Gästeübernachtungen stieg in den letzten Jahren kontinuierlich an und lag im Jahr 2016 erstmals über 52 Millionen. Der Übernachtungsanteil von Gästen aus dem Ausland lag im Jahr 2016 bei 21,5 % und hat sich seit 1995 beinahe verdoppelt.

Der Erfolg oder Misserfolg vieler touristischer Angebote, insbesondere aber die Nachfrage nach Natur- und Outdoor-Erlebnissen, hängen stark mit Wetter, Witterung und Klima zusammen. Neben anderen Faktoren beeinflussen sie, wann, wohin und teilweise sogar ob Touristen reisen und was sie vor Ort unternehmen. Risiken durch den Klimawandel

werden in Baden-Württemberg für den Wintertourismus gesehen. So könnte der Wintersport mittel- bis langfristig zu den Verlierern des Klimawandels zählen, da die Schneesicherheit in Mittelgebirgen wie dem Schwarzwald mit fortschreitender Erwärmung sinkt. Für den Sommertourismus in Baden-Württemberg wird hingegen erwartet, dass er vom Klimawandel profitieren wird – besonders im Vergleich zu den jetzt noch beliebten Reiseregionen am Mittelmeer, die künftig aufgrund zu hoher Temperaturen im Sommer an Attraktivität verlieren könnten. Eine längere Saison mit wärmerem und trockenerem Wetter begünstigt Bade-, Camping-, Wander- und andere Naturerlebnisse.

Der Wandel des nationalen und internationalen Tourismus wird es notwendig machen, dass sich Tourismusdestinationen und -unternehmen anpassen. Dies kann beispielsweise durch eine Diversifizierung des Angebots oder eine Fokussierung auf wetterunabhängige Angebote im Winter geschehen. Wichtig ist es dabei, die (Neu-)Ausrichtung der touristischen Angebote nachhaltig und umweltgerecht zu gestalten, denn letztlich gehören die Natur Baden-Württembergs und ihre Vielfalt zu den großen touristischen Werten des Landes. Nachhaltigkeit ist eine der zentralen Leitlinien des Landestourismuskonzepts 2009. Dieses wird derzeit weiterentwickelt.



HANDLUNGSFELD TOURISMUS



Auf der Sonnenseite

Das Tourismus- und Freizeitverhalten in der wärmeren Jahreszeit ist ebenso wie im Winter in starkem Maße wetter- bzw. witterungsabhängig. Das betrifft sowohl die Wahl des Reiseziels als auch die Wahl der Aktivitäten am Urlaubsort. Bezieht man den für nicht ganz die Hälfte der touristischen Bruttoumsätze verantwortlichen Tagestourismus mit ein, hat das Wetter sogar einen Einfluss darauf, ob überhaupt gereist wird. Besonders wetterabhängige Tourismussparten sind der

Badetourismus, Camping, der Wintersport sowie der Wander- und Naturtourismus. Daneben sind auch viele Indoor-Angebote wetterabhängig. Sie verbuchen an Schlechtwetter-Tagen besonders viele Besucher.

Verschiedene Studien haben versucht, die günstigsten Wetterbedingungen für landschaftsgebundene Freizeit- und Erholungsaktivitäten in Zahlen zu fassen. Der hier gezeigte Indikator beschreibt Tage mit "Touristenklima": Die Tageshöchsttemperatur liegt zwischen 15 °C und 30 °C, es gibt keinen relevanten Niederschlag und es ist nicht schwül. Solche Tage sind zumeist ideal für touristische Freiluft-Aktivitäten wie Wandern, Radfahren, Kultur- und Städtetourismus. Beachtet werden muss aber, dass verschiedene Outdoor-Aktivitäten durchaus unterschiedliche Anforderungen an das Wetter stellen können. Für den Badetourismus spielen beispielsweise auch Bewölkung und Wind eine Rolle.

Ab Mitte der 1990er-Jahre ist ein klarer Trend erkennbar: Die jährliche Zahl der Tage mit „Touristenklima“ nimmt zu. Dieser Trend ist auch in den einzelnen Reiseregionen des Landes zu beobachten. Unterschiede gibt es aber in der jährlichen Zahl dieser Tage. So haben beispielsweise das Rhein-Neckartal und das nördliche Baden-Württemberg meistens mehr Tage mit „Touristenklima“ als die Schwarzwaldregionen.

Die steigende Zahl solcher Tage ist mit günstiger werdenden klimatischen Verhältnissen für Tourismus- und Freizeitaktivitäten im Freien verbunden. Dies gilt nicht nur für die klassischen Sommermonate Juli und August, sondern auch für Frühjahr und Herbst. Besonders in Reiseregionen, die ihren Schwerpunkt im Bereich der Freiluftaktivitäten haben, wirkt sich das günstig aus. Die Nachfrage kann sich somit im gesamten Sommerhalbjahr von Mai bis Oktober gleichmäßiger ver-





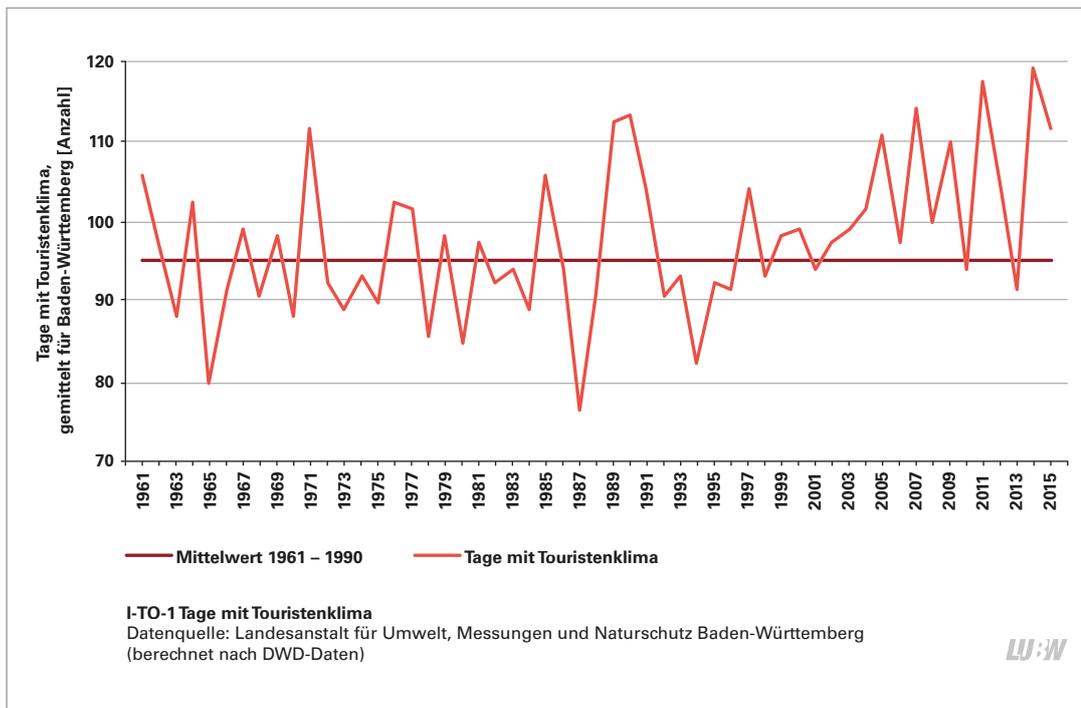
HANDLUNGSFELD TOURISMUS

teilen. Folgerichtig benennt das Baden-Württembergische Landestourismuskonzept 2009 den Bereich „Aktiv & Natur“ mit den The-

men Natur-, Rad- und Wandertourismus als landesweiten Zukunftsmarkt.

Kurz gesagt:

- Klimatische Voraussetzungen für sommerliche Outdoor-Aktivitäten werden zunehmend günstiger.
- Seit Mitte der 1990er-Jahre verbessert sich das "Touristenklima".
- Alle Regionen profitieren davon.



QUERVERWEISE

- I-TO-2: Saisonalität von Übernachtungen



Sommertourismus immer beliebter

Der Tourismus im Sommerhalbjahr wird in Baden-Württemberg von den klimatischen Veränderungen profitieren. Neben einer komfortableren klimatischen Situation mit wärmeren und sonnigeren Tagen unterstützen dies auch andere Faktoren: Die durch den demographischen Wandel bedingte Zunahme des Anteils älterer Menschen in der Bevölkerung führt dazu, dass weniger Men-

schen an einen Urlaub in Schulferienzeiten gebunden sind und auf die Nebensaison ausweichen können. Zudem bewegen ökonomische Gründe Urlauber dazu, ihre Reisen für die günstigere Nebensaison zu buchen. Hinzu kommen derzeit im Trend liegende Tourismusformen wie Wellness- bzw. Gesundheitsurlaub, die in großem Maße witterungsunabhängig sind und über das ganze Jahr nachgefragt werden.

Der dargestellte Saisonalitätskoeffizient vergleicht die Bedeutung der Haupt- und der Nebensaison. Zu seiner Berechnung wird der Monat mit den meisten Übernachtungen zum Monat mit den wenigsten Übernachtungen ins Verhältnis gesetzt. Dabei wird das touristische Sommerhalbjahr von Mai bis Oktober zugrunde gelegt. Mit einer steigenden Bedeutung der sommerlichen Nebensaison gleichen sich die Übernachtungszahlen in den Sommermonaten einander an. In diesem Fall nähert sich der Koeffizient dem Wert eins.

Bei der Interpretation des Indikators ist zu beachten, dass das Beherbergungsstatistikgesetz wiederholt an sich ändernde europäische Vorgaben für die touristische Erhebung angepasst wurde. Einen größeren Bruch gab es zum Jahr 2004. Seitdem fließen auch die Übernachtungen auf Campingplätzen in die Statistik ein. Dieser Bruch spiegelt sich im Saisonalitätskoeffizienten sowie in der ebenfalls dargestellten Anzahl der Übernachtungen wider.

Der Tourismus in Baden-Württemberg ist insgesamt von keiner starken Saisonalität geprägt. Während es in den Jahren bis 2003 noch einen signifikanten Trend zu einer gleichmäßigen Verteilung der tendenziell abnehmenden Übernachtungen gab, ist seit 2004 keine eindeutige Entwicklungsrichtung zu erkennen. Gleichzeitig gibt es seit diesem Jahr eine signifikante Zunahme der Über-





HANDLUNGSFELD TOURISMUS

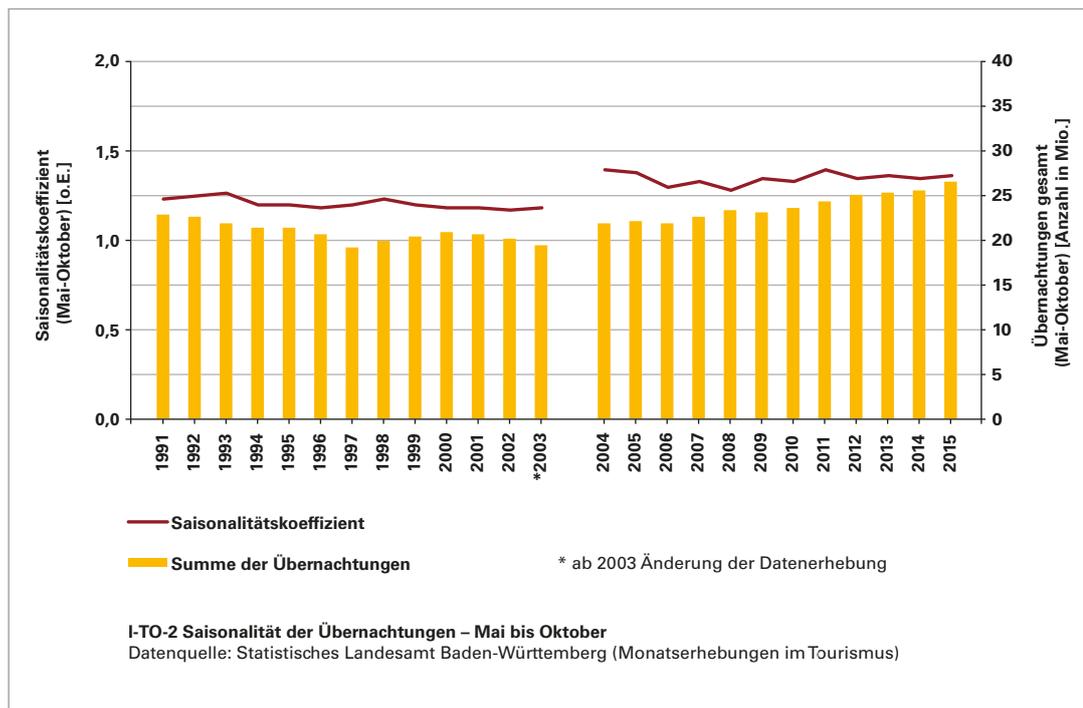
nachtungszahlen. Das bedeutet, die zusätzlichen Übernachtungen verteilen sich gleichmäßig auf das Sommerhalbjahr. Die im Jahr 2011 vergleichsweise hohe Saisonalität lässt sich mit den späten Pfingstferien im Juni erklären. Die Übernachtungszahlen im Mai 2011 waren unterdurchschnittlich.

Betrachtet man die einzelnen Reiseregionen Baden-Württembergs, zeigt sich eine stärkere Saisonalität am Bodensee und im südlichen Schwarzwald. Für die Bodenseeregion ist dies mit dem Badetourismus zu erklären, der wetter- und witterungsbedingt überwiegend in den Sommerferienmonaten Juli und August

erfolgt. Im Südschwarzwald liegt der Schwerpunkt der Urlaubsaktivitäten im Sommerhalbjahr neben dem Gesundheitstourismus auf Wander-, Rad- und Naturtourismus. Aufgrund der Höhenlage ergeben sich in der Region für Outdoor-Aktivitäten günstige Wetter- und Witterungsbedingungen bislang vor allem im Hochsommer. Dies könnte sich künftig ändern. Zu beobachten bleibt außerdem, ob der in weiten Teilen Baden-Württembergs eh geringe Saisonalitätskoeffizient im Zuge des Klimawandels noch weiter zurückgeht und sich die Auslastung noch gleichmäßiger über die Monate des Sommerhalbjahrs verteilt.

Kurz gesagt:

- Für Touristen ist Baden-Württemberg den ganzen Sommer über attraktiv.
- Am Bodensee und im südlichen Schwarzwald ist die Saisonalität besonders ausgeprägt.



QUERVERWEISE

- I-TO-1: Tage mit Touristenklima



Schneelage im Schwarzwald sehr wechselhaft

Der Erfolg von Tourismusdestinationen in den Wintermonaten ist zumeist an landschaftlich attraktive Wintersportangebote geknüpft. In Baden-Württemberg spielen alpine und nordische Schneesportarten vor allem im Schwarzwald eine wichtige Rolle für den Tourismus. Die Region ist daher besonders

auf günstige Schneebedingungen angewiesen. Welche Schneehöhe notwendig ist, hängt stark von der Sportart, aber auch von anderen Faktoren wie dem Untergrund ab. Für Ski alpin muss die Schneedecke höher sein als für nordische Sportarten. Die OECD verwendet einen Schwellenwert von 30 cm, um Skigebiete anhand der sogenannten Hundert-Tage-Regel zu beurteilen. Demnach kann ein Skigebiet erfolgreich betrieben werden, wenn die natürliche Schneehöhe in der mittleren Lage an 100 Tagen in der Saison mindestens 30 cm erreicht.

Der dargestellte Indikator betrachtet die Anzahl der Tage mit einer natürlichen Schneehöhe von mindestens 30 cm. Er bezieht sich auf Gemeinden im nördlichen und südlichen Schwarzwald, in denen alpine Skisporteinrichtungen installiert sind. Nur in 5 Jahren der letzten 35 Jahre gab es im Schwarzwald hundert Schneetage und mehr. In beiden Regionen schwankt die Zahl der Tage mit einer natürlichen Schneedecke von mindestens 30 cm pro Winter stark. Nach teils sehr schneereichen Wintern in den 1970er- und 1980er-Jahren brach die Zahl der Schneetage 1988 ein und verblieb für rund 10 Jahre auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau. Grund dafür waren trockene und recht milde Winter. Beginnend mit dem kalten und zugleich feuchten Winter 1998/99 ist die Zahl der Schneetage im Südschwarzwald trotz starker Schwankungen wieder angestiegen. Im nördlichen Schwarzwald sind schneereiche Winter seither die Ausnahme.

Die regionalen Unterschiede in der Schneebedeckung erklären sich unter anderem durch die Höhenlage: Im höher gelegenen Südschwarzwald sind die Wintertemperaturen durchschnittlich niedriger, und im Vergleich zum Nordschwarzwald können mehr feuchte und damit niederschlagsbringende Luftmassen die Gebirgszüge anströmen und Regen oder Schnee abgeben.





HANDLUNGSFELD TOURISMUS

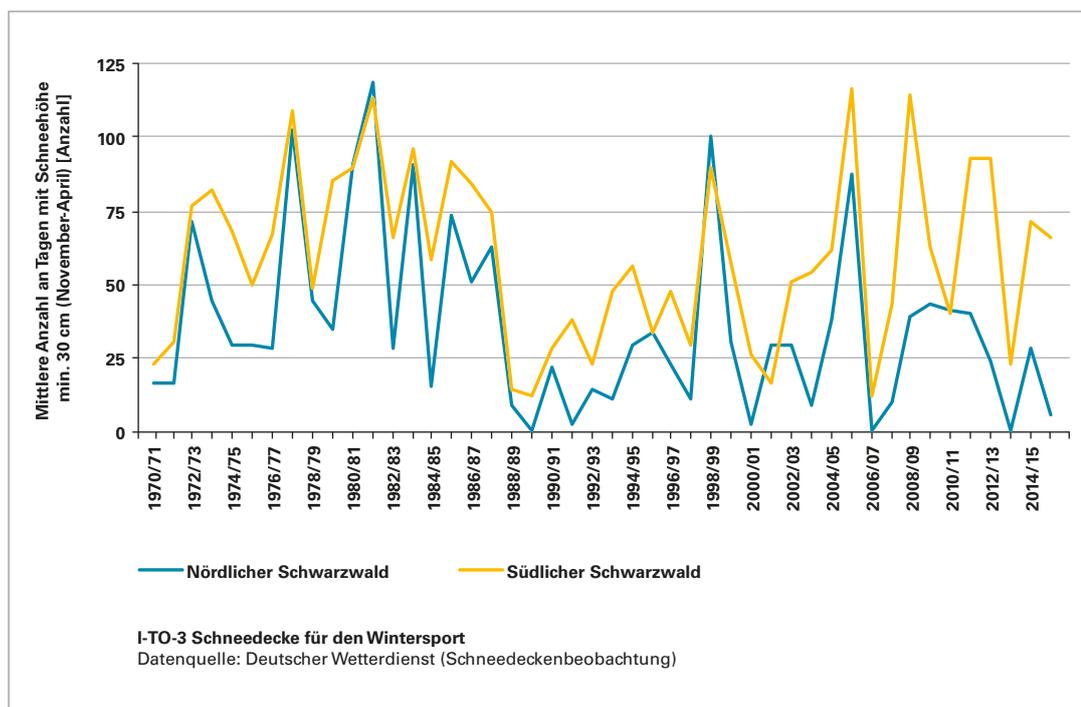
Im Zeitraum seit dem Winter 1998/99 fallen einige besonders magere Jahre ins Auge. In den Wintern 2006/07 und 2013/14 etwa wurde im nördlichen Schwarzwald an keinem Tag die 30-cm-Marke erreicht. Im südlichen Schwarzwald waren diese Jahre mit zwölf bzw. 23 Schneetagen ebenso schneearm. Beide Winter waren deutschlandweit warm und trocken.

Es gab aber auch schneereiche Winter: In den Wintern 2005/06 und 2008/09 wurde im Südschwarzwald die Schwelle von hundert Tagen mit mindestens 30 cm Schneedecke deutlich überschritten. Im Nordschwarzwald waren diese Winter mit 87 bzw. 39 Schneetagen sehr verschieden. Der Winter 2005/06 war deutschlandweit streng, lang und schneereich. Der früh gefallene Schnee blieb durch die tiefen Temperaturen lange liegen. Der Winter 2008/09 begann mit viel Schnee, bevor um Weihnachten Tauwetter einsetzte. In Erinnerung geblieben ist dieser Winter aber vor allem durch einen extrem kalten Januar.

Die Anzahl der Tage mit mindestens 30 cm Schneehöhe zeigt bisher in beiden Regionen keinen Trend. Mittelfristig weisen die Klimaprojektionen aber darauf hin, dass sich die Schneeverhältnisse durch den Klimawandel ändern werden: Die Anzahl der Frosttage geht nach den klimatischen Leitplanken der LUBW in der nahen Zukunft um rund 20% zurück, in der fernen Zukunft sogar um rund 50% (Mediane der Klimamodellergebnisse). Möglich ist zwar, dass einige Hochlagen bis zur Mitte des Jahrhunderts zunächst von zunehmenden Winterniederschlägen profitieren, wenn diese aufgrund ausreichend niedriger Temperaturen als Schnee niedergehen. Für das Ende des 21. Jahrhunderts aber wird davon ausgegangen, dass alpiner Wintersport in den Mittelgebirgen nicht mehr möglich sein wird. Für die Wintersportorte ist von Bedeutung, dass auch die Anzahl der Tage mit Beschneigungsmöglichkeiten zurückgeht. Deshalb empfiehlt das Tourismuskonzept Baden-Württemberg Wintersportgemeinden, für die Zukunft ganzjährige und schneunabhängige Angebote zu schaffen.

Kurz gesagt:

- Nur 5 der 35 Jahre waren gute Schneejahre mit mehr als 100 Schneetagen.
- Für die Zukunft wird ein deutlicher Rückgang von Frosttagen und Beschneigungstagen erwartet.



QUERVERWEISE:

- I-TO-4: Übernachtungen in Wintersportorten



Südschwarzwald im Aufschwung

Kurz gesagt:

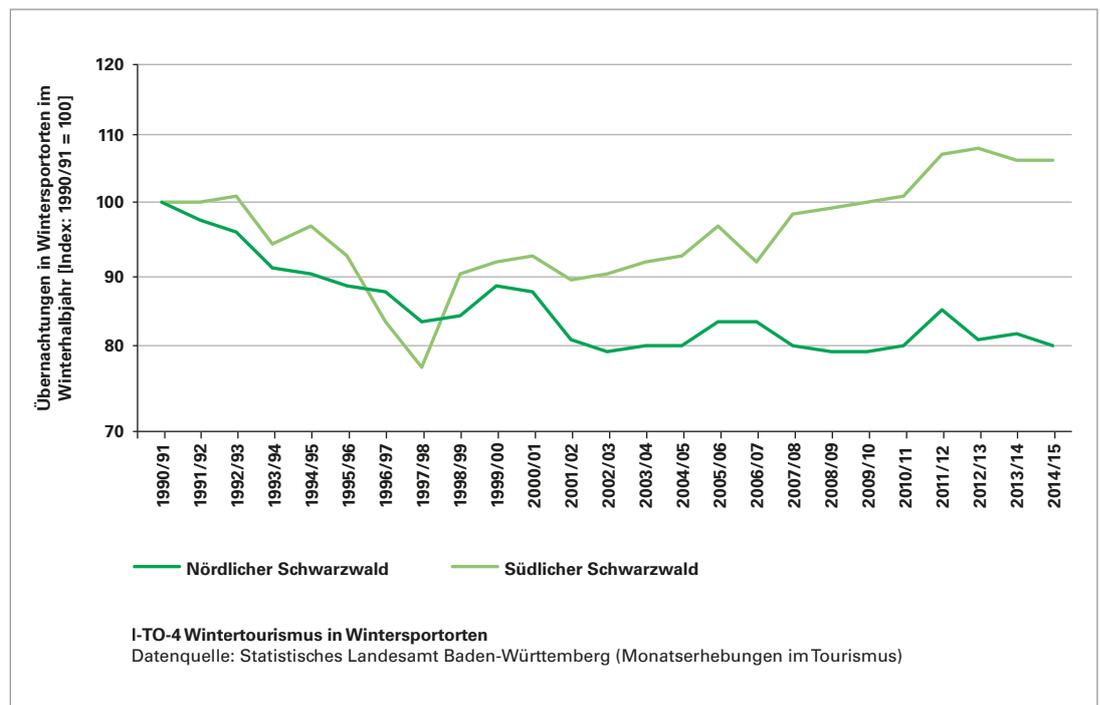
- Rückgang der Schneedecke in 1990er-Jahren führt zu Einbruch der Übernachtungszahlen.
- Südschwarzwald im Aufwärtstrend, Nordschwarzwald mit geringeren Übernachtungszahlen

Der Indikator zeigt die indexierte Anzahl der Gästeübernachtungen im Winterhalbjahr für die Schwarzwald-Gemeinden mit alpinen Wintersportangeboten, um die Wirkung des Klimawandels auf den Wintertourismus näher zu betrachten. Die Schneesicherheit ist nur ein Faktor unter vielen. Auch Marketingstrategien, Sporttrends und Moden sowie wirtschaftliche und soziale Entwicklungen beeinflussen die Übernachtungszahlen. Im Schwarzwald kommt hinzu, dass Übernachtungsgäste nur einen Teil der Wintertouristen ausmachen. Tagesgäste stellen die weitaus größere Gruppe; sie werden mit diesem Indikator jedoch nicht erfasst.

Beide Zeitreihen zeigen zunächst einen Rückgang der Übernachtungszahlen ab Anfang der 1990er-Jahre. Dieser fällt zeitlich mit den schneearmen Jahren ab 1988 zusammen. An-

schließend entwickeln sich die Regionen unterschiedlich: Im Südschwarzwald leiteten die schneereicheren Winter Ende der 1990er-Jahre eine Trendwende ein; die Gästeübernachtungen nehmen wieder zu. Im Nordschwarzwald pendelten sich die Übernachtungszahlen hingegen seit dem Winter 2000/01 auf einem insgesamt niedrigeren Niveau ein.

Ein Grund für die unterschiedlichen Entwicklungen können die günstigeren Schneebedingungen im Südschwarzwald sein. Der Anstieg der Übernachtungszahlen im Südschwarzwald und der gleichbleibende Verlauf in Nordschwarzwald seit Ende der 1990er-Jahre lassen sich allerdings nicht allein mit klimatischen Parametern erklären. Die Gästezahlen spiegeln vielmehr das Zusammenspiel wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Trends wider. Die Entwicklung kann aber durch Aktivität der Regionen beeinflusst werden. Zum Beispiel, indem sie schneeunabhängige Angebote wie Wellness-Urlaub schaffen oder Maßnahmen ergreifen, um Pisten und Loipen schneesicherer zu machen.



QUERVERWEISE

- I-TO-3: Schneedecke für den Wintersport





Handlungsfeld Gesundheit

INDIKATOREN

I-GE-1: Hitzebelastung

I-GE-2: Ambrosiavorkommen

I-GE-3: Überträger von Krankheitserregern





Der Klimawandel beeinflusst die menschliche Gesundheit auf unterschiedliche Weise. Sehr unmittelbar wirken veränderte Wetter- und Witterungsverhältnisse. Hervorzuheben sind thermische Belastungen durch Hitzewellen, extreme Wetterereignisse mit den damit verbundenen Unfallgefahren und erhöhte UV-Strahlung. Indirekte gesundheitliche Auswirkungen ergeben sich zum Beispiel durch eine Verstärkung der Allergenexposition aus tierischer oder pflanzlicher Herkunft, zunehmende lebensmittel- und trinkwasserhygienische Probleme sowie Beeinträchtigungen der hygienischen Badegewässerqualität. Zudem erwachsen neue Infektionsrisiken infolge der Ausbreitung tierischer Überträger von Krankheitserregern.

Insgesamt leben in Baden-Württemberg knapp elf Millionen Menschen. Das Bundesland ist Spitzenreiter in der Lebenserwartung und zwar bei beiden Geschlechtern. Neugeborene Mädchen haben statistisch gesehen eine Lebenserwartung von 83 Jahre und einem Monat. Neugeborene männlichen Geschlechts werden demnach 78 Jahre und zwei Monate alt. Menschen, die heute bereits im Rentenalter sind, haben eine höhere Lebenserwartung als noch vor zehn Jahren. Voraussetzung sind eine hohe Lebens- und Umweltqualität sowie eine gute Gesundheitsversorgung.

In welchem Umfang sich der Klimawandel auf die Gesundheit auswirkt, hängt neben

dem Ausmaß der Klimaänderung von der Exposition und Sensitivität der Menschen gegenüber den direkten oder indirekten Folgen der Klimaänderung ab. So leben etwa zwei Millionen Menschen in Großstädten, in denen sich klimatische Änderungen durch den Hitzeinseleffekt verstärken. Auch Menschen mit Außenberufen sind besonders betroffen. Zu berücksichtigen ist außerdem die spezifische Sensitivität von Personengruppen. Alte und chronisch kranke Menschen, Säuglinge und Kleinkinder haben beispielsweise eine geringere Anpassungsfähigkeit an hohe Umgebungstemperaturen.

Des Weiteren können gesundheitliche Vorbelastungen und individuelle Lebensgewohnheiten, zum Beispiel eine schlechte Ernährungsweise oder mangelnde körperlicher Betätigung, Gesundheitsrisiken mit sich bringen sowie den Gesundheitszustand beeinflussen. Ein direkter Zusammenhang zwischen dem Klimawandel und dem Auftreten von Erkrankungen oder Todesfällen lässt sich daher nur in begrenztem Umfang ableiten. Die dargestellten Indikatoren zum Handlungsfeld Gesundheit beschreiben mögliche Risiken, die sich durch klimainduzierte Umweltveränderungen für die menschliche Gesundheit ergeben können. Die Indikatoren geben somit Hinweise zu erforderlichen präventiven Maßnahmen im Gesundheitsschutz, um die sich abzeichnenden Risiken zu mindern.



Immer wieder Hitzewarnungen

Infolge des Klimawandels hat nicht nur die durchschnittliche Temperatur in Baden-Württemberg deutlich zugenommen, sondern es treten auch vermehrt gesundheitlich belastende Hitzeereignisse wie Heiße Tage (Tage mit einer Höchsttemperatur $T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$) und Tropennächte (Tage mit einem Temperaturminimum $T_{\min} \geq 20^\circ\text{C}$) auf.

Gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Hitze entstehen häufig infolge hoher Flüssigkeits- und Elektrolytverluste durch Schwitzen und einer übermäßigen Belastung des Herz-Kreislaufsystems. Besonders betroffen sind ältere Menschen, Kleinkinder oder chronisch Kranke. Gesunde Personen können sich besser anpassen und den Hitzefolgen aktiv entgegensteuern.

Unter dem Eindruck der Hitzewelle des Sommers 2003, die auch in Deutschland zu einem deutlichen Anstieg hitzebedingter Todesfälle führte, richtete der Deutsche Wetterdienst 2005 deutschlandweit ein Hitzewarnsystem ein. Es wird gewarnt, wenn an zwei aufeinander folgenden Tagen eine mindestens „starke Wärmebelastung“ (32 bis 38°C) vorhergesagt wird und bestimmte nächtliche Innenraumtemperaturen überschritten werden. Zudem erfolgt eine Warnung, wenn der Schwellenwert zur extremen Wärmebelastung von 38°C gefühlter Temperatur überschritten wird. Die Warnungen lassen keine Rückschlüsse zu, wie viele Menschen tatsächlich von Hitze gesundheitlich betroffen sind. Sie weisen aber auf gesundheitlich besonders belastende Witterungssituationen hin.

Mit der Zunahme Heißer Tage ist auch eine Zunahme an Hitzewarnungen zu erwarten. Aufgrund der Tatsache, dass das Hitzewarnsystem erst 2005 eingeführt wurde, bildet sich der Anstieg der Hitzewarnungen in der Zeitreihe jedoch nicht so deutlich ab, wie es die langen Messreihen der meteorologischen Daten zeigen. Die durchschnittliche Anzahl an Warnungen pro Warnkreis ist eher generell als hoch einzustufen. In fünf von elf Jahren wurden an über 15 Tagen Hitzewarnungen ausgesprochen. Die höchste Anzahl an Warntagen gab es mit durchschnittlich 27 Hitzewarnungen pro Warnkreis im Sommer 2015, der als zweitwärmster Sommer in Baden-Württemberg nach dem Jahrhundertsommer 2003 und seit Beginn der Wetteraufzeichnungen gilt.



HANDLUNGSFELD GESUNDHEIT

Besonders von Hitzeereignissen betroffen sind immer wieder das Oberrheinische Tiefland, das zu den wärmsten Gebieten Deutschlands gehört, der Kraichgau, das Neckartal nördlich von Stuttgart, das Bodenseegebiet, das Hochrheingebiet und das Taubertal.

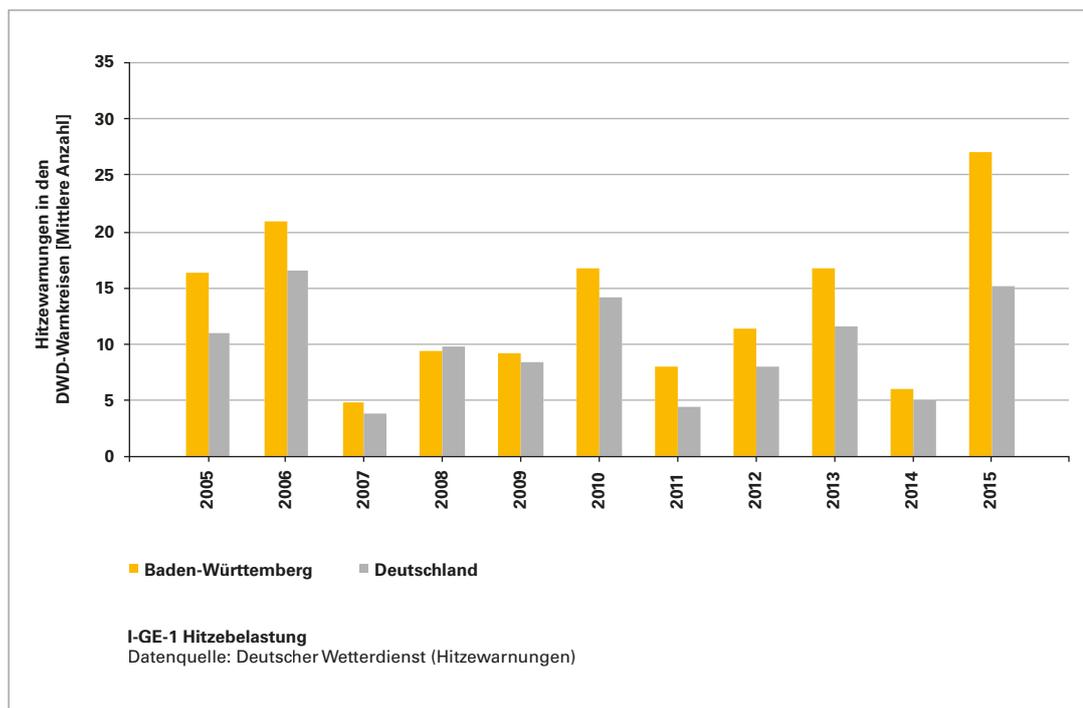
Laut Klimamodellen wird sich die durchschnittliche Anzahl Heißer Tage in Baden-Württemberg im Projektionszeitraum 2021-2050 gegenüber dem Beobachtungszeitraum 1971-2000 im ungünstigsten Fall mehr als verdoppeln können. Zusätzlich wird mit dem demografischen Wandel der Anteil alter und hochbetagter Menschen in der Bevölkerung weiter steigen. Bei etwa elf Millionen

Einwohnern in Baden-Württemberg ist der Anteil der über 65-Jährigen heute mit etwa 20% doppelt so hoch wie noch 1960. Bis 2060 wird dieser Anteil nach Berechnungen des Statistischen Landesamts auf 30% ansteigen. Der Anteil der Hochbetagten (über 85-Jährige) wird auf über 800.000 ansteigen und sich damit im Vergleich zu heute verdreifachen.

Häufigere und stärkere Hitzewellen werden daher in der Zukunft auf eine ältere Gesellschaft treffen und wahrscheinlich gravierende Auswirkungen haben. Hinzu kommt, dass sich die Bevölkerung auf größere Städte konzentriert, in denen aufgrund des Hitzeinseleffekts eine höhere Durchschnittstemperatur herrscht.

Kurz gesagt:

- Klimawandel bringt vermehrt gesundheitliche belastende Hitzeereignisse.
- Zahl der Hitzewarnungen bewegt sich auf hohem Niveau.
- Häufigere und stärkere Hitzewellen treffen auf eine zukünftig ältere und damit besonders hitzesensible Bevölkerung.



QUERVERWEISE:

s. Kap. 2.3

- ▶ I-SR-3: Wärmebelastung in Städten
- ▶ I-SR-4: Kühlgradtage



HANDLUNGSFELD GESUNDHEIT

Erstfunde *Ambrosia artemisiifolia*

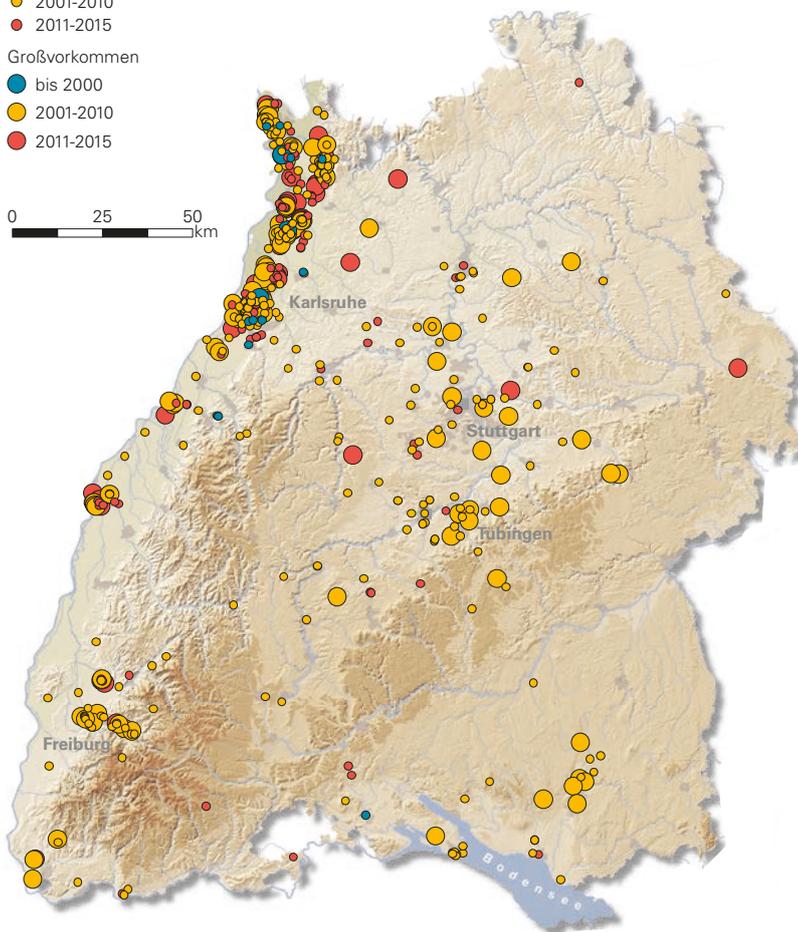
Kleinvorkommen

- bis 2000
- 2001-2010
- 2011-2015

Großvorkommen

- bis 2000
- 2001-2010
- 2011-2015

0 25 50
km



I-GE-2 Ambrosiavorkommen

Räumliche Ausbreitung

Grundlage: © LGL BW, LUBW

LU:W

Schwere Zeiten für Allergiker

Das aus Nordamerika stammende Beifußblättrige Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*), auch Beifuß-Ambrosie genannt, war lange Zeit ein seltenes Unkraut auf stark anthropogen beeinflussten Standorten wie Gärten, Ruderalflächen, Äckern sowie an Straßen- und Wegrändern. Seit Anfang der 1990er-Jahre nehmen die Bestände jedoch zu. Baden-Württemberg zählt dabei zu den Bundesländern mit einem ver-

gleichsweise starken Vorkommen. Die Ausbreitung von *Ambrosia* wurde hauptsächlich durch die Einschleppung von *Ambrosia*-Samen in Saaten und Körnern gefördert. Die Ausbreitung erfolgte auch über Vogelfutter, das diese Saaten und Körner enthielt. Nach freiwilligen Maßnahmen der Wirtschaft wurde 2012 über eine EU-Verordnung ein Höchstwert für *Ambrosia* in Futtermitteln festgelegt. Aus den bereits im Boden befindlichen keimfähigen Samen können aber weitere *Ambrosia*-Bestände erwachsen. Eine starke Ausbreitung der *Ambrosia* lässt sich vor allem entlang von Straßen beobachten, da Samen über Fahrzeuge verschleppt werden können. So befindet sich das an Individuen reichste *Ambrosia*-Vorkommen in Baden-Württemberg mit mehreren hunderttausend Pflanzen entlang der B36 südlich von Hockenheim.

Die einjährige Pflanze erreicht die zur Verbreitung erforderliche Samenreife nur in warmen oder gemäßigten Klimaten mit milden Herbstmonaten. Die Samen überdauern die kalte Jahreszeit und können bis zu 40 Jahre keimfähig bleiben. In Baden-Württemberg werden hauptsächlich Wuchsorte bis 500 m Meereshöhe besiedelt. Höhere Lagen sind bisher weitgehend frei von *Ambrosia*. Die im Zuge des Klimawandels verlängerte Vegetationsperiode und die zunehmende Häufung milder Herbste erhöhen die Vitalität und die Fortpflanzungsmöglichkeiten der *Ambrosia*.

Die Pollen der *Ambrosia* verfügen über eine starke Allergenität. Bereits sehr geringe Pollenkonzentrationen können allergische Symptome wie Heuschnupfen, Bindehautentzündung oder Asthma bronchiale auslösen. Hautkontakte mit dem Pflanzensaft können zu Hautreaktionen führen. Außerdem verlängert sich mit einer Verbreitung der *Ambrosia* die Pollenflugzeit im Jahr, da die Pflanze mit ihrer Blütezeit von Juli bis Ende Oktober zu den extremen Spätblüheren zählt.





HANDLUNGSFELD GESUNDHEIT

Die Groß- und Kleinvorkommen haben nach der Jahrtausendwende, seit 2006 deutlich, zugenommen. Die Fundnachweise bei den Großbeständen auf Freiflächen mit hundert und mehr Pflanzen sind von elf Vorkommen vor 2006 auf 177 im Jahr 2015 angestiegen. Im gleichen Zeitraum haben sich die Kleinvorkommen mit weniger als hundert Pflanzen von 31 auf 341 erhöht. Auch die in der Grafik nicht dargestellten Gartenvorkommen sind ausgehend von nur acht Ambrosia-Fundmeldungen vor 2006 auf 592 Funde im Zeitraum 2006-2015 angestiegen. Verbreitungsschwerpunkte sind das Oberrhein-Tiefland sowie die Regionen um Stuttgart, Tübingen und Reutlingen. Darüber hinaus nahmen Nachweishäufungen in den letzten Jahren für die Kreise Konstanz, Ravensburg und den Hohenlohekreis zu.

Der Rückgang der Ambrosia-Neufunde ab dem Jahr 2010 ist zum einen Ergebnis der erfolgreichen Bekämpfung von Groß- und Kleinvorkommen. Zugleich ist die Meldefreudigkeit zu Ambrosiafunden aus der Bevölkerung trotz Öffentlichkeitsarbeit seit 2010 deutlich zurückge-

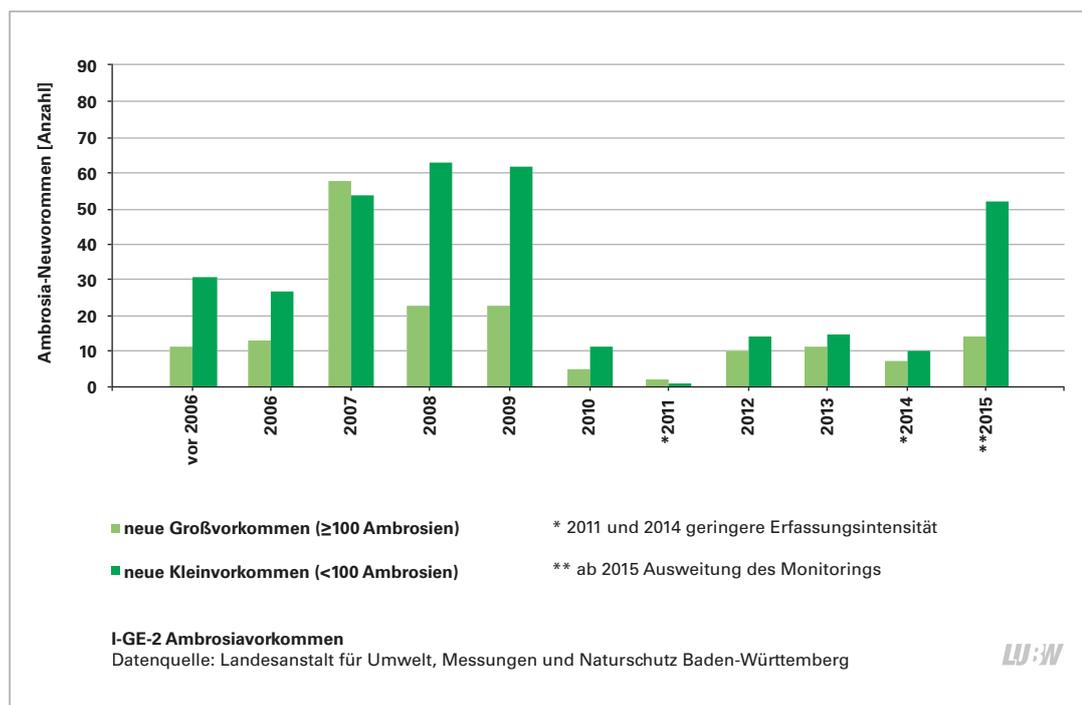
gangen. Diese Meldungen stellen aber eine wichtige Datengrundlage dar. In den Jahren 2011 und 2014 gab es von behördlicher Seite nur ein eingeschränktes Monitoring. Deshalb sind die Zahlen für diese Jahre nur bedingt aussagekräftig. Damit wird die Notwendigkeit eines kontinuierlichen Monitorings zur Beurteilung der Ausbreitung der Beifuß-Ambrosie deutlich.

Seit 2006 gibt es eine Ambrosia-Landesmeldestelle bei der LUBW. Diese empfiehlt gezielte Bekämpfungsmaßnahmen, betreibt Öffentlichkeitsarbeit und berät unter anderem Kommunen. Insgesamt reicht dies jedoch noch nicht aus, um die weitere Ausbreitung der Beifuß-Ambrosie in Baden-Württemberg zu verhindern.

Bei anderen weit verbreiteten Allergiepflanzen wie Hasel, Birke und Gräsern spielt die Klimaerwärmung ebenso eine wichtige Rolle. Sie kann ein früheres Einsetzen, eine längere Dauer und eine höhere Intensität des Pollenflugs bewirken.

Kurz gesagt:

- Klimawandel fördert Ausbreitung der hochallergenen Ambrosia.
- Vorkommen von Ambrosia haben seit 2006 stark zugenommen.
- Maßnahmen zur Bekämpfung von Beständen finden statt, reichen aber nicht aus.





Risiko für neue Infektionskrankheiten steigt

In den warmen Klimazonen der Erde sind gefährliche Krankheiten wie Malaria, Dengue, Leishmaniose und Q-Fieber weit verbreitet. Es besteht die Sorge, dass mit dem Klimawandel diese und andere Infektionskrankheiten auch in unseren Breiten auftreten können. Voraussetzung hierfür ist, dass sich die

relevanten Krankheitserreger und die Vektoren, die die Krankheiten übertragen, etablieren und vermehren können. Damit wächst die Gefahr der Aufnahme von Krankheitserregern durch Vektoren, die die Krankheiten auf den Menschen übertragen können. Vektoren können zum Beispiel Stechmücken, Zecken, Wanzen oder Nagetiere sein.

Die Einschleppung von exotischen Stechmücken ist in erster Linie ein Effekt der Globalisierung. Mit dem wachsenden Personen- und Warenverkehr werden zunehmend Einzelpersonen vor allem aus Südeuropa nach Deutschland eingeschleppt. Die Klimaerwärmung begünstigt eine kürzere Generationsdauer, die Verlängerung der jährlichen Aktivitätsperiode und höhere Überlebensraten in milden Wintern. So kann eine Etablierung der Vektoren stattfinden.

Die Asiatische Tigermücke, die das Dengue- und das Chikungunya-Fieber übertragen kann, wurde im Jahr 2007 erstmalig in Deutschland nachgewiesen. Danach konnte die wiederholte Einschleppung der Art aus Südeuropa nachgewiesen werden. Seit 2012 führt die Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS e.V.) systematische Untersuchungen im Oberrheingebiet durch. Aufgrund ihrer Wärmegunst gilt die Rheinebene als wichtige Eintrittspforte wärmeliebender Arten aus den Nachbarländern wie der Schweiz und Italien. Das vermehrte Auftreten der Tigermücke im Oberrheingraben lässt eine zukünftige Ausbreitung auch in andere Landesteile erwarten. Die Untersuchungen zum Vorkommen von Eiern und Mücken werden besonders an den Autobahnen durchgeführt. Entlang dieser Ausbreitungsachsen kommt es unter anderem durch den Personen- und Güterverkehr zur Einschleppung der Tigermücke. Auf dieser Basis ist deren Etablierung möglich.

Die Zahl der Funde sowohl von Eiern als auch von Mücken steigt von Jahr zu Jahr.





HANDLUNGSFELD GESUNDHEIT

Zwischen 2014 und 2015 hat sich die Anzahl der Funde von Eiern von 494 im Jahr 2014 auf 870 im Jahr 2015 fast verdoppelt. Die Zahl der Funde adulter Mücken erhöhte sich von 13 auf 43 Individuen.

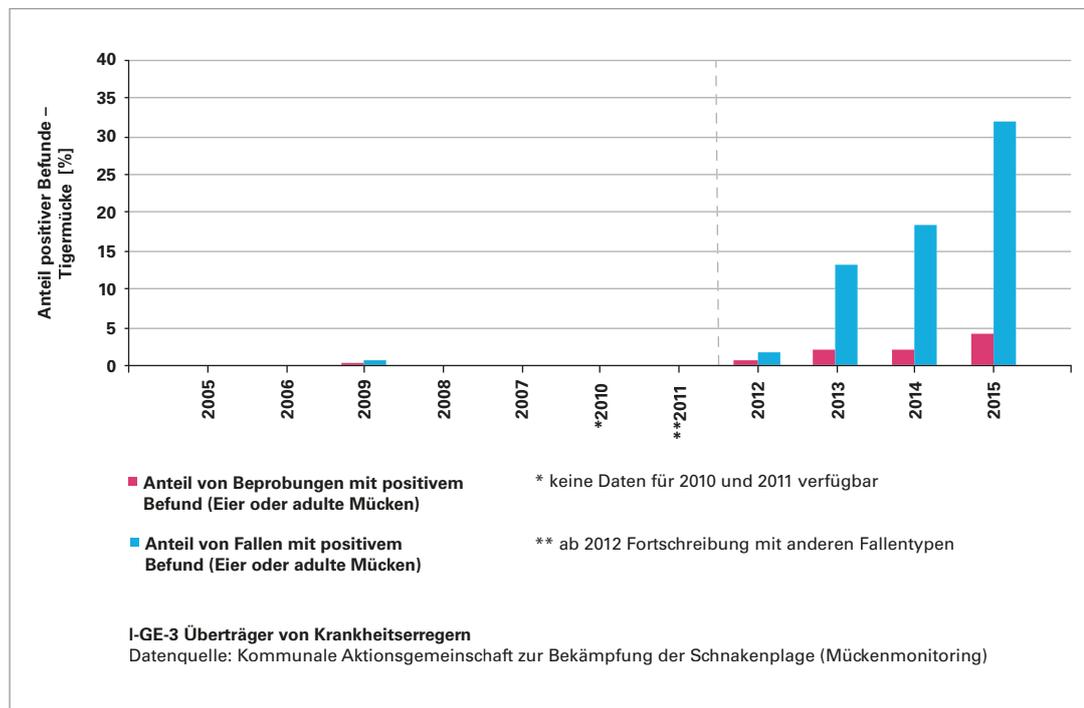
Im Jahr 2014 wurden in Freiburg und Straßburg erste kleinere brütende Tigermückenpopulationen entdeckt. Bis dahin hatte es die Mücke noch nicht geschafft, größere stabile Populationen aufzubauen. Im Jahr 2015 gelang der Nachweis einer größeren brütenden Population der Tigermücke in Freiburg. In einer Kleingartenkolonie wurden im August in rund 30 % aller untersuchten Wasserbehälter (vor allem Regentonnen) Entwicklungsstadien der Tigermücke sowie frisch geschlüpfte Tiere gefunden. In Heidelberg

entwickelte sich eine zweite Population von Tigermücken. Beide Populationen werden von der KABS e.V. bekämpft und überwacht. Im Frühjahr 2016 konnte erstmals in Baden-Württemberg eine erfolgreiche Überwinterung der Mücke nachgewiesen werden.

Neben den Stechmücken gibt die seit zwei Jahrzehnten zunehmende Ausbreitung von Zecken (zum Beispiel *Ixodes ricinus*) Anlass zur Besorgnis. Mit der Besiedelung selbst höherer Lagen und dem vermehrten Vorkommen steigt das Risiko für die Übertragung der für den Menschen gefährlichen Borreliose und Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME). Inzwischen wurden für alle Landkreise Baden-Württembergs durch Zecken übertragene FSME-Fälle gemeldet.

Kurz gesagt:

- Infolge der Klimaerwärmung können neue Infektionskrankheiten auftreten.
- Funde der Tigermücke, die unter anderem das Dengue- und das Chikungunya-Fieber überträgt, nehmen im Oberrheingebiet zu.
- Es gibt erste Hinweise auf eine dauerhafte Etablierung der Tigermücke.





Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung

INDIKATOREN

I-SR-1: Gebäudeschäden durch Sturm und Hagel

I-SR-2: Elementarschäden an Gebäuden

I-SR-3: Wärmebelastung in Städten

I-SR-4: Kühlgradtage

R-SR-1: Anteil der Erholungsfläche an der
Siedlungs- und Verkehrsfläche in Großstädten

R-SR-2: Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsfläche





Die Stadt- und Raumplanung steuert durch überörtliche Vorgaben auf der Ebene der Landes- und Regionalplanung sowie auf kommunaler Ebene im Rahmen der Bauleitplanung die Raumnutzung im jeweiligen Verwaltungsgebiet nach dessen naturräumlichen, wirtschaftlichen und sozialen Möglichkeiten. Die wesentlichen Instrumente hierfür sind die verschiedenen Planwerke vom Landesentwicklungsplan über die Regionalpläne bis hin zu den Flächennutzungs- und Bebauungsplänen der kommunalen Bauleitplanung. Es ist die Aufgabe der jeweiligen Planungsträger, wirtschaftliche, soziale und ökologische Belange gegeneinander und untereinander gerecht abzuwägen, miteinander in Einklang zu bringen und Potenziale für eine nachhaltige räumliche Entwicklung zu sichern.

Die Stadt- und Raumplanung spielt mit dieser komplexen Aufgabenstellung, ihrer Querschnittsfunktion und den ihr zur Verfügung stehenden Steuerungsinstrumenten auch bei der Anpassung an den Klimawandel eine wichtige Rolle. So haben zum Beispiel die Dimensionierung, Anordnung und Gestaltung der Freiräume, des Straßenraums, der bebauten Flächen und der einzelnen Ge-

bäude einen erheblichen Einfluss darauf, wie stark sich insbesondere Großstädte in den Sommermonaten aufheizen können und in welchem Umfang Siedlungen durchlüftet werden. Wohlbefinden und Gesundheit der Bevölkerung sind in sommerlichen Hitzeperioden eng mit den siedlungsklimatischen Bedingungen verbunden.

Raumordnung und Bauleitplanung können dazu beitragen, klimabedingte Risiken zu minimieren bzw. zu vermeiden, indem in den jeweiligen Planungsprozessen die Vulnerabilität der betroffenen Schutzgüter wie Mensch, Wirtschaft, Gebäude und Infrastrukturen berücksichtigt wird.

Neben den wichtigen Klimafaktoren zur Wärmebelastung und Hitzeentwicklung kann die Stadt- und Raumplanung ebenso einen Beitrag zur Vorsorge von Gebäudeschäden durch Sturm, Hagel und Schnee(-lasten) leisten. Insbesondere für die letztgenannten Wetterphänomene ist es aber auch Aufgabe von Bauherren und Immobilieneigentümern, Vorsorge durch bauliche Maßnahmen und die entsprechenden Versicherungen zu treffen.



Kostspielige Schäden durch Sturm und Hagel

Das Jahr 2013 ging in Baden-Württemberg als Jahrhundert-Unwettersommer in die Annalen ein. Das folgenreichste Ereignis war der Hagelsturm Bernd, der am 28.07.2013 vom Schwarzwald über das Vorland der Schwäbischen Alb bis zum Nördlinger Ries wütete und vor allem im Kreis Reutlingen massive

Schäden verursachte. Die SV Sparkassenversicherung schätzte den Gesamtschaden des Ereignisses auf mehr als 1,25 Milliarden Euro. Die Hagelstürme Andreas, der am 27.07.2013 Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen traf, und Bernd gelten deutschlandweit als die teuersten Hagelstürme in der Sachversicherung seit dem Jahr 1993.

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel wird davon ausgegangen, dass extreme Sturm- und Niederschlagsereignisse zukünftig häufiger auftreten und heftiger ausfallen können. Für Baden-Württemberg wurde im Rahmen einer Studie des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) für den Zeitraum 1886 bis 2010 bereits eine Zunahme von Hageltagen nachgewiesen. Mit den Änderungen geht eine Gefahr für Gebäude, Bauwerke und die zugehörigen Infrastrukturen (wie die Kanalisation) einher, und es kann künftig zu einer Mehrung an Schäden kommen.

Zur Beobachtung der Schadenentwicklung durch Sturm und Hagel können Zahlen zur verbundenen Wohngebäudeversicherung verwendet werden. Mit dieser Versicherung können sich Immobilieneigentümer gegen direkte Sturm- und Hagelschäden an Gebäuden und gegen indirekte Schäden, beispielsweise durch umgestürzte Bäume, versichern. Neben den witterungsinduzierten Schäden durch Sturm und Hagel schließt die Versicherung in aller Regel auch Schäden durch Brand, Blitzschlag, Explosion und Leitungswasser ein. In den dargestellten Zeitreihen werden aber nur die durch Sturm und Hagel entstandenen Schäden an Wohngebäuden abgebildet.

Die im Indikator dargestellten Größen Schadenhäufigkeit und Schadensatz der verbundenen Wohngebäudeversicherung reagieren daher ausschließlich auf die Schadentreiber Sturm und Hagel. Die Schadenhäufigkeit zeigt dabei die Anzahl der aufgetretenen Schäden bezogen auf die versicherten Risiken. Der





HANDLUNGSFELD STADT- UND RAUMPLANUNG

Schadensatz wiederum gibt an, wie hoch der Schadenaufwand der Versicherungen im Verhältnis zur Versicherungssumme, das heißt zur Summe der versicherten Sachwerte, war. Dadurch ist diese Größe um Wertsteigerungen und Inflation bereinigt und wird sehr unmittelbar durch die eigentlichen Schadentreiber beeinflusst. Aufgrund der seit Jahren hohen Versicherungsdichte von ca. 90% lässt sich anhand der beiden Größen die Schadenentwicklung im Zeitverlauf beurteilen.

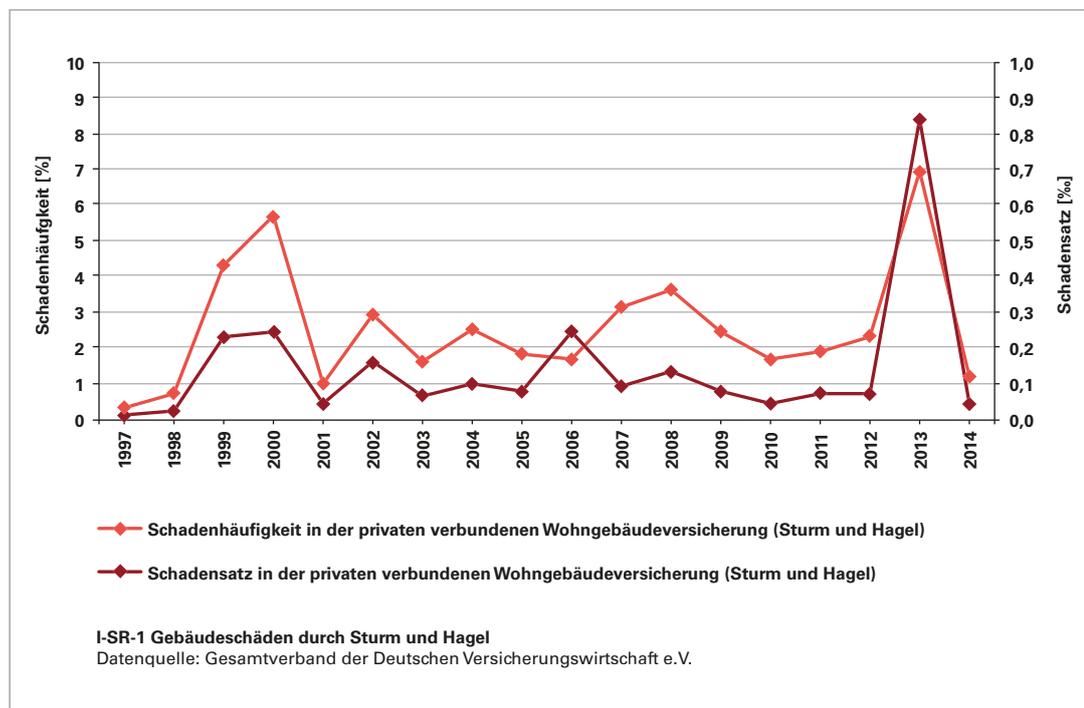
In der Zeitreihe prägen einzelne extreme Jahre das Bild – neben 2013 treten vor allem die Jahre 1999/2000 und 2006 hervor. Die deutlich höhere Schadenhäufigkeit und der deutlich höhere Schadensatz im Jahr 1999 und 2000 stehen im Zusammenhang mit dem Sturm Lothar (26.12.1999). Viele Schäden

wurden damals erst im Jahr 2000 gemeldet und gingen daher in diesem Jahr in die Statistik ein, weil Lothar die Schäden kurz vor Jahreswechsel verursacht hatte.

Im Sommer 2006 führten starke Hagelschläge und Sturmereignisse in der Versicherungsstatistik zu höheren Werten beim Schadensatz. Hervorzuheben ist der nur viertelstündliche Hagelsturm am 28. Juni 2006 in Trossingen bei Villingen-Schwenningen, der gewaltige Schäden an Dächern, Fassaden, Autos und Solaranlagen angerichtet hat. Der durchschnittliche Schaden betrug in diesem Jahr rund 5.300 Euro und war damit fast dreimal so hoch wie der durchschnittliche Schaden durch den Sturm Lothar. Nur im Jahr 2013 war der durchschnittliche Schaden mit fast 6.000 Euro für die Versicherungen noch teurer.

Kurz gesagt:

- Die Zahl der Hageltage hat signifikant zugenommen.
- Einzelne extreme Sturm- und Hagelereignisse schlagen sich sehr deutlich im Schadensatz nieder.
- Zukünftig wird mit häufigeren Extremereignissen gerechnet.



QUERVERWEISE:

- I-SR-2: Elementarschäden an Gebäuden



Gebäudeschäden durch elementare Gefahren

Sturm und Hagel sind nur zwei der Wetter- und Witterungsphänomene, die zu schweren Schäden an Gebäuden führen können. Starkregen und Hochwasser können Gebäude und Gebäudeteile ebenso massiv in Mitleidenschaft ziehen; sei es durch das in Häuser und Wohnungen von außen eindringende Wasser,

durch den Rückstau aus der Kanalisation oder durch Schlamm, Öl und andere Stoffe, die das Wasser im Gebäude verteilt. Weitere Gefahrenquellen sind Erdbeben oder Erdsenkungen oder im Winter Schneelasten infolge intensiver Schneefälle.

Insbesondere für Starkregen und Hochwasser wird erwartet, dass sie im Zuge des Klimawandels zukünftig zunehmen. Schneedruck kann mit steigenden Temperaturen zunächst häufiger vorkommen, da bei geringen Temperaturzunahmen die Luft mehr Feuchtigkeit transportieren kann und es somit im Winter mehr schneit. Mit weiter steigenden Temperaturen wird der Schneefall in vielen Regionen jedoch abnehmen.

Die Auswirkungen dieser Ereignisse und der veränderten Klimabedingungen können ebenfalls anhand von Versicherungsdaten beobachtet werden. Im Gegensatz zu Sturm und Hagel sind Gebäudeschäden, die durch diese Schadentreiber entstehen, aber nicht oder nur unvollständig durch die verbundene Wohngebäudeversicherung abgedeckt. Immobilieneigentümer können allerdings eine erweiterte Elementarschadenversicherung (eEV) abschließen, um sich zusätzlich gegen Schäden durch Erdbeben, Erdbeben, Erdsenkung, Schneedruck, Lawinen und Hochwasser abzusichern. In der überwiegenden Zahl der Verträge ist mittlerweile auch der Rückstau bei Starkniederschlägen eingeschlossen. In Baden-Württemberg war die Elementarschadenversicherung bis 1994 Pflicht. Darum sind bis heute ca. 95% aller Wohngebäude gegen Elementarschäden versichert – ein deutlich höherer Anteil als in allen anderen Bundesländern.

Aufgrund dieser hohen Versicherungsdichte erlauben die Daten zur eEV Rückschlüsse darauf, wie häufig und mit welcher Intensität diese Schäden an Wohngebäuden auftreten. Der Indikator zur Schadenhäufigkeit und zum





HANDLUNGSFELD STADT- UND RAUMPLANUNG

Schadensatz ergänzt daher für die elementaren Schadentreiber den Indikator zur verbundenen Wohngebäudeversicherung. Die Zeitreihe zum Schadensatz ist durch den Bezug auf die Versicherungssumme um die Einflüsse von Wertsteigerungen und Inflation bereinigt.

In den noch kurzen Zeitreihen von Schadenhäufigkeit und Schadensatz ist bislang kein Trend ermittelbar. Für die Schadenhäufigkeit schwankt die Zeitreihe um einen Wert von 0,5%. Beim Schadensatz treten vor allem 2008 und 2013 als extreme Jahre hervor, in denen die Schäden mit Starkregenereignissen und Überflutungen zusammenhängen.

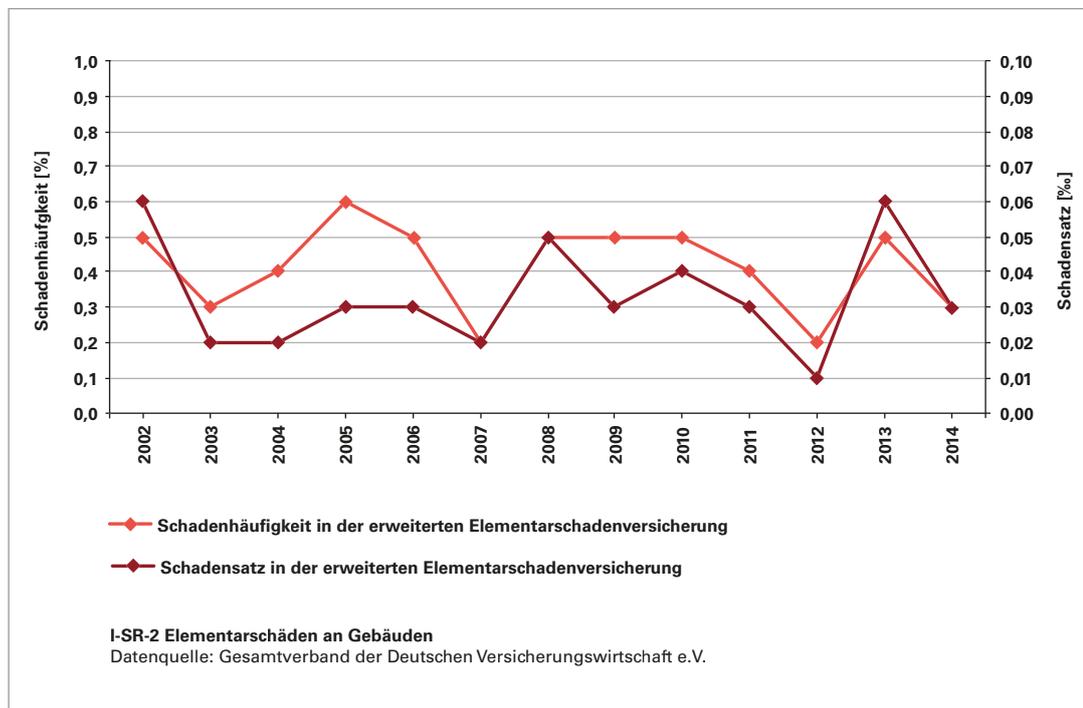
Im Jahr 2008 traten bis in den September hinein vermehrt schwere Unwetter und heftige

Gewitter mit zum Teil sintflutartigen Regenfällen auf. Besonders betroffen war die Region Hechingen im Zollernalbkreis. Dort starben damals drei Menschen in den Wassermassen, und zahlreiche Gebäude wurden erheblich beschädigt.

Im Jahr 2013 blieb Baden-Württemberg zwar von der Hochwasserkatastrophe an der Donau weitgehend verschont. In den Sommermonaten des Jahres kam es aber zu mehreren sehr schweren Gewittern, die neben dem außergewöhnlichen Hagel auch Rekord-Regenmengen mit sich brachten. Die Folge der Starkregen waren teils massive Überschwemmungen, die viele Wohngebäude in Mitleidenschaft zogen.

Kurz gesagt:

- Baden-Württemberg weist höchste Versicherungsdichte für Elementarschäden in Deutschland auf.
- Einzelne Starkregen- und Hochwasserereignisse verursachten große Schäden.



QUERVERWEISE:

- I-SR-1: Gebäudeschäden durch Sturm und Hagel



Wärmebelastung in Städten nimmt zu

Großstädte und ihre Bevölkerung sind von der klimatischen Erwärmung in besonderer Weise betroffen. Aufgrund des hohen Versiegelungsgrades und der dichten Bebauung, der Anreicherung von Luftschadstoffen sowie der Abwärme von Gebäuden herrschen dort spezifische stadtklimatische Bedingungen. So sind etwa im Vergleich zum Umland die mittleren Temperaturen deutlich höher und die

Windgeschwindigkeit sowie die Luftfeuchtigkeit niedriger. Klimatologen sprechen in diesem Zusammenhang vom „städtischen Wärmeinseleffekt“ beziehungsweise "Hitzeinseleffekt". Die Stärke des Wärmeinseleffekts hängt von der Größe der Stadt, der Stadtstruktur (beispielsweise Bebauungsdichte, Bauhöhen, Grünflächenanteil), aber auch von topographischen und klimatischen Gegebenheiten ab.

Die städtische Bevölkerung ist Wärmebelastungen daher häufiger ausgesetzt als Menschen, die außerhalb der Städte wohnen. Gesundheitlich belastende Situationen durch Hitze entstehen insbesondere dann, wenn sich Stadträume untertags stark aufheizen, nachts aber keine ausreichende Abkühlung erfolgt. Ziehen sich solche Situationen über mehrere Tage oder Wochen, spricht man von Hitzewellen. Mit steigenden Temperaturen im Zuge des Klimawandels werden Wärmebelastungen in Zukunft häufiger und stärker auftreten.

In Baden-Württemberg, dargestellt am Beispiel der beiden Großstädte Stuttgart (rund 620.000 Einwohner) und Karlsruhe (rund 310.000 Einwohner), ist in den vergangenen Jahren bereits ein Trend zu erkennen. In Karlsruhe steigen die 1961 beginnenden Zeitreihen der Heißen Tage und der Tropennächte deutlich an. Heiße Tage sind Tage, an denen die Tageshöchsttemperatur 30°C erreicht oder überschreitet; in Tropennächten sinkt die Temperatur nicht unter 20°C. In Stuttgart liegen Temperaturmessungen ab 1987 vor und zeigen ebenfalls einen Trend zu mehr Heißen Tagen. Für die Tropennächte, die hier in der Regel häufiger sind als in Karlsruhe, lässt sich die Entwicklung noch nicht eindeutig beschreiben.

Eine Verschärfung der Situation zeichnet sich in der langjährigen Zeitreihe für Karlsruhe ab dem Jahr 1990 ab. Die Anzahl der Heißen Tage nimmt deutlich zu, und es gibt immer weniger





HANDLUNGSFELD STADT- UND RAUMPLANUNG

Jahre, in denen nur wenige Wärmebelastungssituationen auftreten. Dies ist ein Hinweis darauf, dass der Klimawandel bereits zu mehr Wärmebelastungen geführt hat und diese mit den projizierten Temperaturzunahmen zukünftig weiter zunehmen werden.

In sehr heißen Jahren mit anhaltend hohen Sommertemperaturen und Hitzeperioden wie 1983, 1991 und 1992, 2003, 2006 und 2015 treten Heiße Tage und Tropennächte sehr häufig auf. Der Hitzesommer 2003 führte in Stuttgart und Karlsruhe zu den bislang am stärksten ausgeprägten Wärmebelastungen. In Karlsruhe traten insgesamt 53, in Stuttgart 32 Heiße Tage auf. Tropennächte wurden in Karlsruhe an 7 und in Stuttgart an 20 Tagen ermittelt.

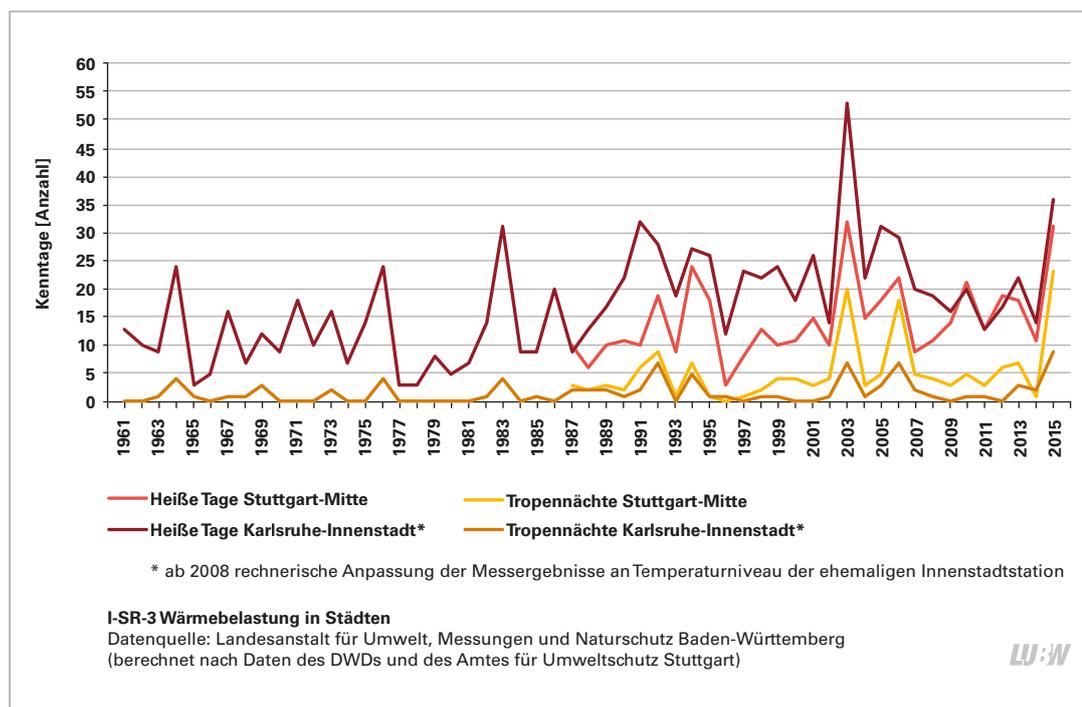
Die augenfälligen Unterschiede zwischen Karlsruhe und Stuttgart in diesem Jahr und in der Zeitreihe insgesamt sind auf mehrere Ursachen zurückzuführen. Die in Karlsruhe in der Regel höhere Zahl an Heißen Tagen ist zum einen Konsequenz der geografischen Lage der Stadt im klimatisch wärmeren Oberrheingra-

ben. Zum anderen kann auch der unterschiedlichen Aufbau der beiden Messstationen eine Rolle spielen: In Stuttgart erfolgt die Messung an der Station Stuttgart-Mitte auf einem Gebäudedach in 25 m Höhe. In Karlsruhe wird die Temperatur hingegen seit 2008 an der außerhalb der Stadt gelegenen DWD-Station Rheinstetten in einer Höhe von 2 m über Grund gemessen (die Messergebnisse werden rechnerisch an das Temperaturniveau der ehemaligen Innenstadtstation angepasst).

Die deutlich höhere Zahl an Tropennächten in Stuttgart ist einerseits der dichteren Bebauungsstruktur, andererseits der Kessellage der Stadt geschuldet. Der Luftaustausch mit der Umgebung ist hier stark eingeschränkt, ein nächtlicher Zustrom von kühlender Luft im Sommer ist erschwert. Dies führte im extrem warmen Sommer 2003, aber auch 2006 und vor allem 2015 zu jeweils rund 20 Tropennächten. In Karlsruhe hingegen lagen die Minimumtemperaturen nur an sieben bis neun Tagen über 20°C.

Kurz gesagt:

- Eindeutiger Trend: Wärmebelastungen in Stuttgart und Karlsruhe nehmen zu.
- Besonders problematisch: In Tropennächten erfolgt keine ausreichende Abkühlung
- Hitzesommer 2003 führte zu extremen Belastungssituationen.



QUERVERWEISE:

- ▶ I-SR-4: Kühlgradtage
- ▶ R-SR-1: Anteil der Erholungsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Großstädten
- ▶ I-GE-1: Hitzebelastung



Anforderungen an Wärmeschutz von Gebäuden steigen

Ein wichtiges Merkmal für die Aufenthaltsqualität in Gebäuden und damit für deren Funktionalität ist das Raumklima. Ein thermisch behagliches Raumklima zeichnet sich dadurch aus, dass der Nutzer oder Bewohner Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und Wärmestrahlung in seiner Umgebung als

optimal empfindet und sich weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht. Hohe Temperaturen in den Sommermonaten führen insbesondere in den Städten dazu, dass dieses Optimum nicht gegeben ist und es innerhalb von Gebäuden zu Wärmebelastungen kommen kann bzw. ein höherer Kühlbedarf entsteht, um Belastungen zu vermeiden.

Der jährliche Kühlenergiebedarf von Gebäuden kann mit Hilfe der Kühlgradtage abgeschätzt werden. Die Kühlgradtage sind eine Größe, die auf der Basis des Tagesmittelwerts der Außenlufttemperatur ermittelt wird. Überschreitet dieser Wert den Schwellenwert von $18,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ab diesem Wert erfolgt statistisch gesehen eine Kühlung von Gebäuden und Wohnungen), spricht man zunächst von einem Kühltag. Zur Berechnung der jährlichen Kühlgradtage wird die Differenz zwischen Tagesmitteltemperatur und Schwellenwert gebildet. Die Differenz wird dann für alle Kühltag eines Jahres aufsummiert. Im Unterschied zu den Heißen Tagen oder Tropennächten wird damit nicht nur gezählt, wie häufig ein Schwellenwert überschritten wird, sondern auch wie stark diese Überschreitung war. Kühlgradtage haben die Einheit Kelvin · Tage.

Für den Indikator werden die Kühlgradtage in einem ersten Schritt für die 13 Großlandschaften Baden-Württembergs ermittelt. In einem zweiten Schritt wird ein landesweiter Mittelwert gebildet. Zudem werden die niedrigsten und die höchsten Kühlgradtage angegeben, die in einem Naturraum im jeweiligen Jahr festgestellt wurden.

Seit 1976 nimmt die mittlere Zahl der Kühlgradtage in Baden-Württemberg insgesamt zu. Dies spiegelt die Entwicklung in den 13 Großlandschaften wider: Von einzelnen Ausnahmen abgesehen gibt es dort einen deutlichen Anstieg der Kühlgradtage. Entsprechend den geografischen Gegebenheiten





HANDLUNGSFELD STADT- UND RAUMPLANUNG

bestehen allerdings Unterschiede hinsichtlich der Höhe der Kühlgradtage. Im höhergelegenen Voralpinen Hügelland und im Schwarzwald gibt es weniger Kühlgradtage als in niedriger gelegenen und wärmeren Naturräumen wie dem Oberrheingraben.

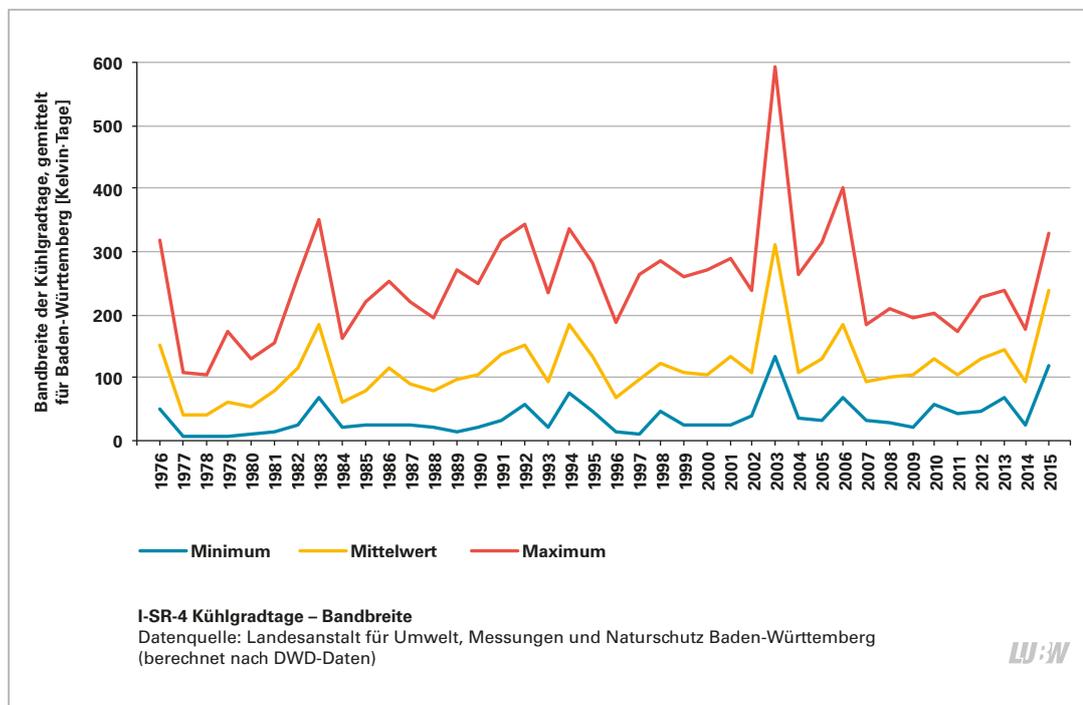
Nach den klimatischen Leitplanken der LUBW werden die Kühlgradtage bereits in der nahen und noch stärker in der fernen Zukunft bis Ende des Jahrhunderts zunehmen. Auf den ersten Blick weist dies auf einen steigenden Energiebedarf für die Gebäudekühlung hin. Aus Gründen des Umwelt- und Klimaschutzes wird jedoch darauf hingewirkt, dass Immobilieneigentümer verstärkt auf passive, energieneutrale Maßnahmen zum Wärmeschutz setzen. Der höhere Kühlenergiebedarf würde sonst zu einem vermehrten Ausstoß von Klimagasen führen. Zur Senkung des Kühlenergiebedarfs können Bauherren zum Beispiel Verschattungselemente

oder Sonnenschutzgläser verwenden sowie Gebäudefassaden oder Dächer begrünen. Ebenso können hohe energetische Baustandards und eine gute Wärmedämmung einen Beitrag leisten, die Wärme nicht ins Gebäude zu lassen. Zum Transport der Wärme aus dem Gebäude nach außen lassen sich Lüftungs- und Ventilationssysteme einsetzen.

Einen wichtigen Beitrag kann auch eine präventive Stadt- und Quartiersplanung leisten. Sie kann beispielsweise Art und Maß der baulichen Nutzung und die Gebäudeausrichtung festlegen sowie Aussagen zur Durchgrünung eines Quartiers treffen. Des Weiteren kann sie Vorgaben zur Gestaltung von Gebäuden und zugehöriger Freifläche treffen, um die Wärmebelastung von Nutzern und Bewohnern zu reduzieren. Dies können beispielsweise Vorgaben für technische Maßnahmen bei der Errichtung von Gebäuden oder zur Begrünung sein.

Kurz gesagt:

- Trend zu mehr Kühlgradtagen in allen Landesteilen erkennbar.



QUERVERWEISE:

- ▶ I-SR-3: Wärmebelastung
- ▶ I-GE-1: Hitzebelastung
- ▶ R-SR-1: Anteil der Erholungsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Großstädten



Mehr Grün in der Stadt

Die Stadt- und Landschaftsplanung kann durch die Ausweisung von Erholungsflächen im Siedlungsgebiet und die räumliche Konzeption von vernetzten Frischluftkorridoren dazu beitragen, einer klimawandelbedingten Verstärkung bestehender Stadtklimaeffekte entgegenzuwirken.

Der Indikator zeigt zusammenfassend, wie sich der Anteil der Erholungsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche in den zehn Großstädten Baden-Württembergs entwickelt. Die für die Darstellung ausgewählten Städte sind Stuttgart, Heilbronn, Baden-Baden, Karlsruhe, Heidelberg, Mannheim, Pforzheim, Freiburg im Breisgau, Reutlingen und Ulm. In Großstädten treten Wärmebelastungen aufgrund des städtischen Wärmeinseleffekts häufiger auf, weshalb hier besonders auf eine ausreichende Durchgrünung geachtet werden muss.

Insgesamt zeigt sich, dass der Anteil der Erholungsflächen an der ebenfalls zunehmenden Siedlungs- und Verkehrsfläche im Zeitverlauf zunimmt. Mit der Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche haben sich auch die anteiligen Erholungsflächen proportional und darüber hinaus erhöht. In den letzten Jahren ist keine weitere Erhöhung des Anteils der Erholungsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche festzustellen. Diese Entwicklung zeigt sich in unterschiedlichem Ausmaß beim Großteil der untersuchten Städte. Nur in Heidelberg und Ulm nahm zwischen 1988 und 2014 der Anteil der Erholungsfläche ab. In Heilbronn blieb der Anteil der Erholungsfläche über die Jahre insgesamt unverändert.

Die zukünftige Entwicklung wird von planerischen Entscheidungen vor Ort abhängen, die jeweils im Abwägungsprozess vor dem Hintergrund der regionalen bzw. lokalen Bedingungen und unter Berücksichtigung weiterer Belange zu treffen sind. Dabei müssen Konflikte berücksichtigt und Kompromisse gefunden werden. Beispielsweise können im Interesse des Klimaschutzes und der Klimawandelanpassung unterschiedliche Ziele verfolgt werden: Einerseits kann durch Nachverdichtung im Sinne der Flächeneffizienz und





HANDLUNGSFELD STADT- UND RAUMPLANUNG

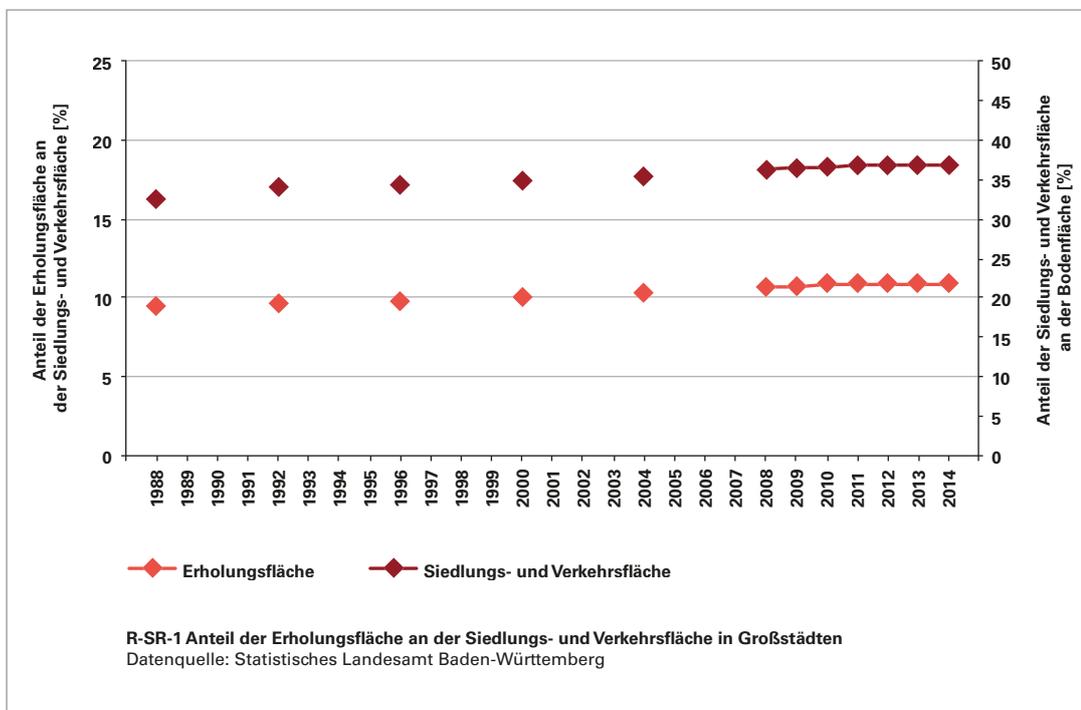
Entwicklung von Siedlungsstrukturen mit kurzen Wegen ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden. Andererseits sind aus Sicht der Klimanpassung entdichtete Siedlungsstrukturen mit ausreichenden Erholungs- und Grünflächen sinnvoll, um die Entstehung von Kaltluft zu fördern und den Luftaustausch zu verbessern.

Unabhängig von der mengenmäßigen Flächenausweisung wird daher die Gestaltungs-

qualität von Siedlungs- und Verkehrsflächen eine wesentliche Rolle für die Durchgrünung von Siedlungsstrukturen spielen. Eine bewusst grüne Gestaltung von Verkehrsflächen, beispielsweise Bäume im Straßenraum, die Verwendung von durchlässigen Materialien für Wege und Parkplatzflächen, eine Begrünung von Straßenbahngleisen oder von Gewerbe- und Wohngebäuden können ebenfalls zur Verbesserung des lokalen Siedlungsklimas beitragen.

Kurz gesagt:

- Ausreichende Durchgrünung von Städten verbessert das Stadtklima.
- Anteil der Erholungsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche hat zugenommen.



QUERVERWEISE:

- ▶ I-SR-3: Wärmebelastung
- ▶ I-GE-1: Hitzebelastung



Fläche sorgsam und nachhaltig nutzen

Ein wichtiges Ziel der deutschlandweiten und der baden-württembergischen Umweltpolitik ist der effiziente Umgang mit der Ressource Fläche. Dieser dient auch der Klimaanpassung. Acker, Grünland und Wald sowie andere nicht besiedelte Flächen zu erhalten oder auch neu zu schaffen kann dazu beitragen, Auswirkungen des Klimawandels zu verringern oder abzumildern. Solche Flächen be-

einflussen den Gebietswasserhaushalt: Hier kann Niederschlagswasser versickern und sich Grundwasser neu bilden, Hochwasserrisiken werden verringert. Unbebaute und unzerschnittene Flächen sind zudem Lebensraum für Tiere und Pflanzen und bieten ihnen Ausbreitungswege, um auf klimatische Veränderungen zu reagieren. Im Umfeld von bioklimatisch belasteten Räumen haben sie auch eine wichtige Bedeutung für das lokale Klima und dienen als Erholungsfläche für den Menschen.

Die Siedlungs- und Verkehrsfläche ist eine Kategorie der Flächenstatistik und setzt sich aus der Gebäudefläche und der zugehörigen Freifläche, der Betriebsfläche (ohne Abbau-land), der Erholungsfläche, der Verkehrsfläche sowie der Friedhofsfläche zusammen. Knapp die Hälfte dieser Flächen ist in Baden-Württemberg versiegelt und kann keine Funktionen im Naturhaushalt mehr übernehmen.

In Baden-Württemberg ist seit dem Jahr 2000 eine deutliche Abnahme der täglichen Flächeninanspruchnahme festzustellen. Diese Entwicklung lässt sich sowohl bei den Gebäude- und Freiflächen, bei den Erholungs- und Friedhofsflächen sowie bei den Verkehrsflächen beobachten. Nach einer mit dem Jahr 2001 einsetzenden Entspannung nahm die Flächeninanspruchnahme ab dem Jahr 2004 bis 2007 wieder zu, ehe sie in den darauffolgenden Jahren der Finanz- und Wirtschaftskrise wieder deutlich zurückging. In den Jahren 2013 und 2014 wurden mit 5,3 Hektar täglich weniger als die Hälfte an Siedlungs- und Verkehrsflächen als noch in den Jahren 1997 bis 2000 neu in Anspruch genommen. Trotz des insgesamt rückläufigen Flächenverbrauchs wurden seit der Jahrtausendwende ca. 42.000 Hektar zuvor überwiegend landwirtschaftlich genutzter Fläche für Siedlungs- und Verkehrszwecke umgenutzt.

Beeinflusst wird die Flächeninanspruchnahme durch nachfrage- und angebotsseitige Fak-





HANDLUNGSFELD STADT- UND RAUMPLANUNG

toren. Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum führen in der Regel zu einer vermehrten Nachfrage nach Wohngebäuden, Freiflächen sowie Industrie- und Gewerbeflächen. In der Folge erhöhen sich zumeist die Baulandpreise, die Preise für Wohneigentum sowie die Mietpreise. Vor allem in prosperierenden Ballungszentren steigen die Baulandpreise überproportional. Dies erhöht den Druck, in diesen ohnehin dicht besiedelten Gebieten bislang baulich nicht genutzte Flächen zu entwickeln. So entstehen die meisten neuen Siedlungsflächen im verdichteten Umland der Kernstädte von Ballungsräumen.

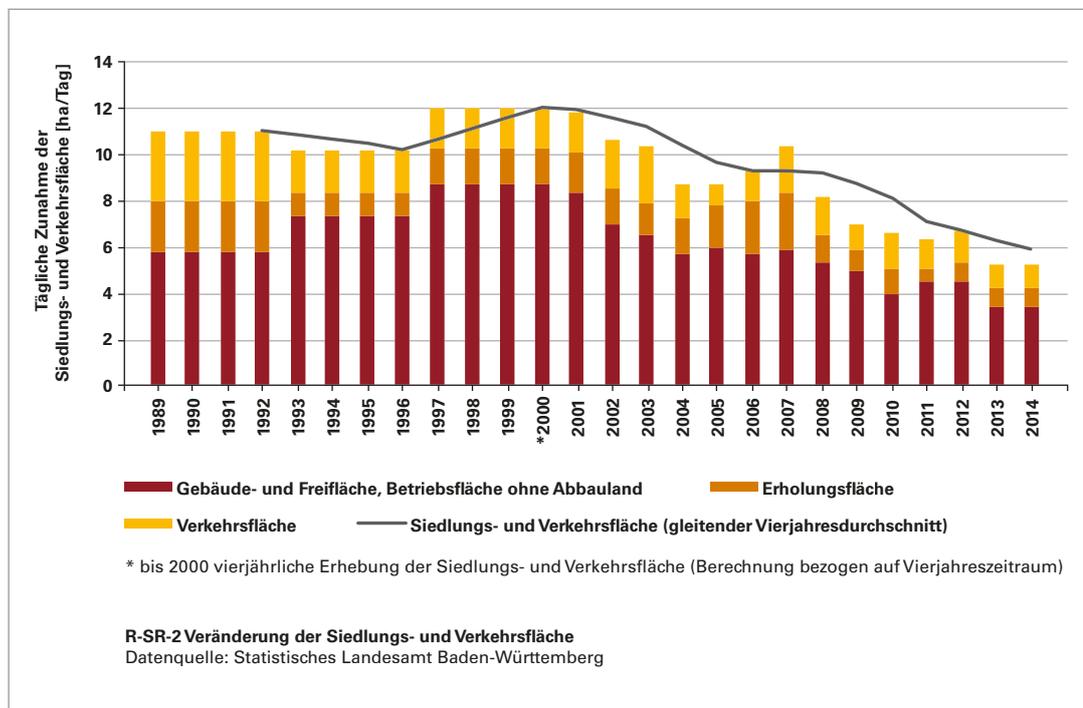
In ländlichen Räumen ist häufig die Angebotsseite Auslöser für die Flächeninanspruchnahme. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn Gemeinden in einem größeren Umfang Baugebiete ausweisen und kostengünstig vermark-

ten, um einer Abwanderungsdynamik entgegenzuwirken. Hinzu kommen Verkehrsflächen zur Erschließung und zur Verbesserung der überregionalen Anbindung. Rund die Hälfte der zwischen 2013 und 2014 neu für Siedlung und Verkehr in Anspruch genommenen Flächen in Baden-Württemberg lag im ländlichen Raum.

Die Stadt- und Raumplanung nimmt mit ihren Steuerungsinstrumenten wie der kommunalen Bauleitplanung, der Vorgabe von Bauungsdichten, dem Vorrang der Innen- vor der Außenentwicklung sowie anreizgesteuerten Ansätzen zur effizienteren Nutzung innerstädtischer Flächen wichtigen Einfluss auf die künftige Flächeninanspruchnahme. Sie kann wesentlich dazu beitragen, die Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke perspektivisch zu reduzieren.

Kurz gesagt:

- Verringerung von Flächeninanspruchnahme und Versiegelung dient auch Zielen der Klimaanpassung.
- Flächeninanspruchnahme geht seit der Jahrtausendwende zurück.



QUERVERWEISE:

- I-WH-1: Grundwasserstand und Quellschüttung
- I-WH-2: Hochwasser
- I-WH-3: Niedrigwasser



Handlungsfeld Wirtschaft und Energiewirtschaft

INDIKATOREN

I-WE-1: Schiffbarkeit von Binnenschiffahrtsstraßen

I-WE-2: Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung

I-WE-3: Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung

R-WE-1: Wasserverwendung in der Wirtschaft



Das Produzierende Gewerbe erwirtschaftete im Jahr 2016 172 Milliarden Euro und damit 40,1 % der Bruttowertschöpfung Baden-Württembergs. Das Verarbeitende Gewerbe, das zum Produzierenden Gewerbe gehört und einen Bruttowertschöpfungsanteil von 33,4 % besitzt, hatte im gleichen Jahr 1,5 Millionen Beschäftigte. Für die Industrie des Landes arbeitet damit jeder vierte Beschäftigte. Daher nimmt die Industrie für die Wirtschaft des Landes eine bedeutende Rolle ein.

Aus dem Klimawandel können sowohl Risiken als auch Chancen für die Industriebetriebe Baden-Württembergs erwachsen. Risiken bergen vor allem Wetterextreme wie Hitze, Stürme oder Hochwasser. Sie können die Produktion und den Transport von Rohstoffen und Produkten beeinträchtigen: Blockierte Transportwege können Produktionsprozesse zum Erliegen bringen, wenn sie die Belieferung mit wichtigen Vorprodukten oder Rohstoffen verhindern. Von Extremwettern beschädigte Betriebsanlagen können die Produktion und den Verkauf von Waren gleichermaßen stören. In der globalisierten Wirtschaft haben Extremereignisse selbst in weit entfernten Regionen der Welt Folgen für die Unternehmen unseres Landes, wenn Zulieferer oder Abnehmer betroffen sind.

Gleichzeitig kann das weltweite Streben nach Klimaschutz und Klimaanpassung den hiesi-

gen Unternehmen neue Absatzmärkte öffnen. Die Nachfrage nach grünen und energieeffizienten Technologien dürfte in Zukunft noch steigen. Deutschland gilt als Vorreiter in Umwelttechnologien. Zu den wichtigen Industriebranchen Baden-Württembergs gehören die Automobilindustrie, die Bauwirtschaft, die Chemieindustrie sowie der Maschinen- und Anlagenbau – Branchen, in denen im Zuge des Klimawandels Innovationen notwendig und gefragt sind.

Ein wichtiger Faktor in vielen Produktionsprozessen ist Wasser – es wird für die Kühlung von Anlagen sowie als Produktionswasser gebraucht. Vor allem in heißen und trockenen Sommern kann die Verfügbarkeit von Wasser abnehmen. Im Hitzesommer 2003 kam es bereits zu Einschränkungen, als die Temperaturen des Rheins kritische Werte überschritten. Auch Strom ist ein wichtiger Produktionsfaktor. Im Jahr 2015 betrug der Stromabsatz in Baden-Württemberg mehr als 60 Milliarden Kilowattstunden. Knapp 40 % davon wurden an Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes (einschließlich Bergbau) geliefert. Die Produktion und Verteilung von Strom können witterungsbedingt beeinträchtigt werden. Energie- und Ressourceneffizienz bieten daher nicht nur Vorteile im internationalen Wettbewerb, sie können wichtige Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sein.



Längere Sperrungen der Schifffahrt sind die Ausnahme

Der Rhein ist im nationalen und internationalen Vergleich eine der bedeutendsten Wasserstraßen. Er ist nicht nur wichtig für die An- und Ablieferung von Rohstoffen und Waren innerhalb Deutschlands, er verbindet Baden-Württemberg auch mit den Seehäfen an der Nordsee. Die wichtigsten Binnenhäfen im

Land sind die Rheinhäfen in Mannheim, Karlsruhe und Kehl sowie die Häfen in Heilbronn und Stuttgart am Neckar. Die Schifffbarkeit beider Flüsse ist daher von immenser wirtschaftlicher Bedeutung.

Der baden-württembergische Rheinabschnitt ist Teil des Oberrheins. Wetter und Witterung können die Schifffahrt auf dem Oberrhein und dem Neckar auf dreierlei Weise beeinflussen: Starkregen und Schneeschmelze können zu Hochwasser führen. Bei Hochwasser muss die Schifffahrt auf dem Oberrhein dann eingestellt werden, wenn die Hochwassermarken II überschritten ist, die den höchsten schiffbaren Wasserstand markiert. Hitze und Trockenheit können am frei fließenden Rhein unterhalb der Stauhaltung Iffezheim Niedrigwasser verursachen. Wird dabei der sogenannte „gleichwertige Wasserstand“ erreicht oder unterschritten, ist Binnenschifffahrt zwar noch möglich, allerdings unterliegen Abladetiefe und Beladung Einschränkungen. Im Winter kann starker Frost Sperrungen wegen Eisgang zur Folge haben.

Der Indikator stellt die Einschränkungen der Schifffahrt am Beispiel des Pegels Maxau dar, der als Bezugspegel (Richtpegel) für einen ca. 50 Kilometer langen Abschnitt des Oberrheins dient. Die für Hoch- und Niedrigwasser relevanten Pegelstände von 7,50 m (Hochwassermarken II) bzw. 3,60 m (gleichwertiger Wasserstand) werden dort zwar immer wieder über- bzw. unterschritten, eine statistisch signifikante Entwicklung zeigen die Zeitreihen bislang aber nicht.

Wegen Hochwassers musste die Schifffahrt vor allem im Jahr 1970, Anfang und Ende der 1980er-Jahre sowie im Jahr 1999 eingestellt werden. Zuletzt gab es in den Jahren 2001, 2002 und 2013 umfangreichere Sperrungen von insgesamt mehr als einer Woche Dauer. Einschränkungen (beispielsweise der Zuladungsmenge) durch Niedrigwasser, die seit 1997





HANDLUNGSFELD WIRTSCHAFT UND ENERGIEWIRTSCHAFT

systematisch dokumentiert werden, treten in einzelnen Jahren sehr massiv auf. Dies kann wie in den Jahren 2003 und 2006 die Folge großer sommerlicher Hitze sein. Im Jahr 2011 war die Schifffahrt dagegen durch ausgeprägte Niedrigwasserphasen im Frühjahr und Herbst beeinträchtigt. Sehr gute Ablademöglichkeiten gab es in diesem Jahr nur im Januar, Juli und Dezember sowie eingeschränkt im August.

Sperrungen durch Eisgang gibt es auf dem Rhein nicht mehr. Die durch Begradigungen erhöhte Fließgeschwindigkeit des Wassers und seine aufgrund von Einleitungen gestiegenen Temperaturen verhindern ein Gefrieren. Zuletzt trieben Anfang der 1960er-Jahre Eisschollen auf dem Rhein. Ein komplettes Gefrieren des Flusses ist deutlich länger her.

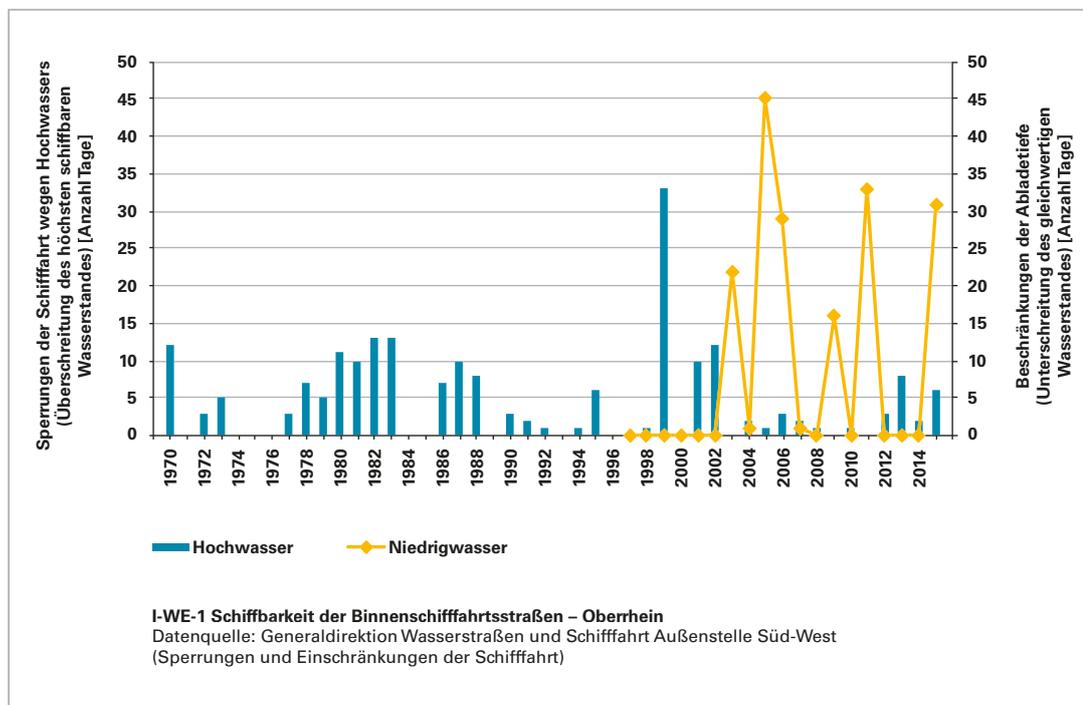
Der Neckar (nicht im Diagramm abgebildet) war hingegen in einzelnen Jahren wegen Eisgangs gesperrt, zuletzt 2009 und 2012. Grund

ist, dass er im Gegensatz zum frei fließenden Rhein staugeregelt ist und damit eine deutlich geringere Fließgeschwindigkeit aufweist. Seit 1971 kam dies jedoch nur in fünf Jahren vor. Hochwasser hingegen schränkt die Neckarschifffahrt jedes Jahr ein, zumeist zwischen einer und drei Wochen im Jahr.

Vor dem Hintergrund des Klimawandels ist anzunehmen, dass Sperrungen wegen Eisgangs, auch auf dem Neckar, künftig noch seltener werden. Hochwasserereignisse könnten die Schifffahrt hingegen häufiger und länger beeinträchtigen. Zudem ist zu erwarten, dass Niedrigwasserereignisse häufiger und intensiver werden. Dies betrifft vor allem den frei fließenden Rhein. Im Oberlauf ist sein Abflussverhalten stark durch Eis und Schnee des Alpenraums gespeist, weshalb die absehbaren Klimawirkungen den Wasserstand dort immer häufiger sinken lassen werden.

Kurz gesagt:

- Binnenschifffahrt auf Rhein und Neckar ist in einzelnen Jahren deutlich eingeschränkt.
- Zukünftig ist mit einer Zunahme von Hoch- und Niedrigwassern zu rechnen.



QUERVERWEISE:

- I-WH-2: Hochwasser
- I-WH-3: Niedrigwasser



Weniger wetterbedingte Stromausfälle

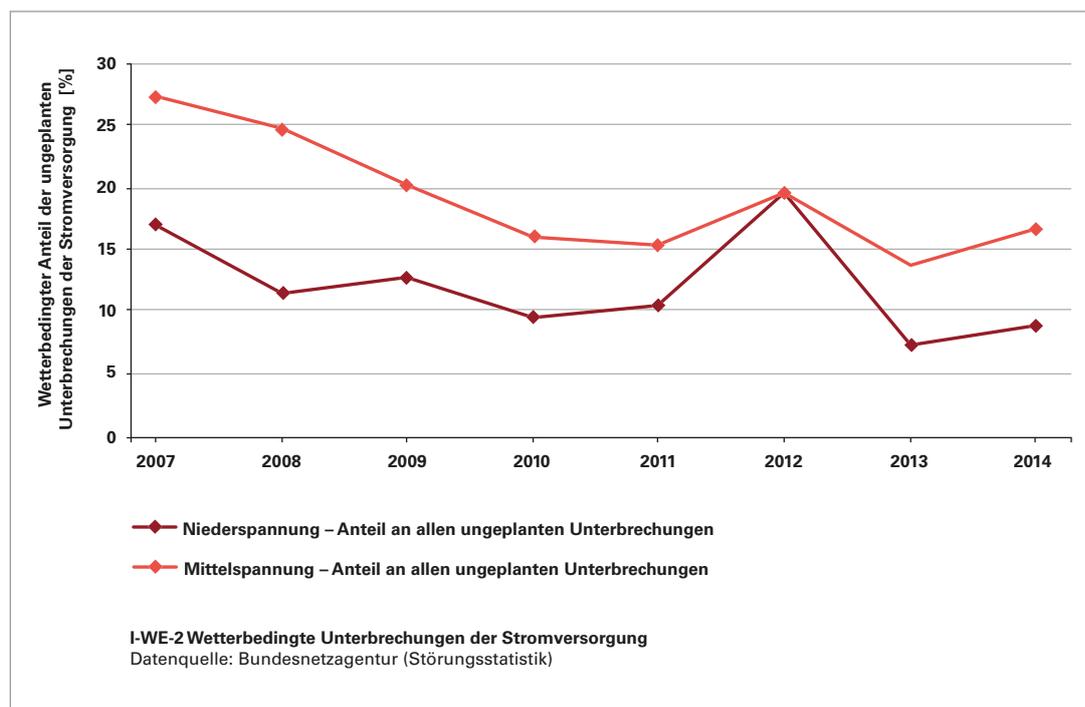
- Stürme und Orkane verursachen immer wieder Stromausfälle.
- Die Versorgungssicherheit ist wegen hoher Standards bislang nicht gefährdet

Stürme und Orkane mit Blitzschlag und Hagel, Eisregen, massiver Schneefall oder Hochwasserereignisse führen in Baden-Württemberg immer wieder zu Stromausfällen. Dies lässt sich anhand von Daten der Bundesnetzagentur beobachten, die Unterbrechungen im Nieder- und Mittelspannungsnetz mit einer Dauer von über drei Minuten erfasst. Wetter- und witterungsbedingte Ursachen werden als „atmosphärische Einwirkungen“, schwere Stürme und Orkane sowie außergewöhnliche Hochwasser als „höhere Gewalt“ geführt.

Unterbrechungen im Nieder- und Mittelspannungsnetz sind häufig direkt für den Endverbraucher spürbar, da diese Netzebenen meist keine redundanten Versorgungsmöglichkeiten besitzen. Relativ viele wetter- und witterungsbedingte Unterbrechungen gab es zuletzt im Jahr 2012, in dem Orkantief Andrea im Januar

und Sturmtief Lisa Anfang Juli zu Stromausfällen aufgrund zerstörter Strommasten und Freileitungen führten. Lisa ging zudem mit starkem Blitz- und Hagelschlag einher. Auslöser der hohen Werte im Jahr 2007 war der Sturm Kyrill, der in Baden-Württemberg zu rund 270.000 Stromausfällen führte.

Extreme Wetterereignisse könnten mit dem fortschreitenden Klimawandel künftig häufiger und intensiver werden, verbunden mit häufigeren Stromausfällen. Bislang ist in der kurzen Zeitreihe solch eine Entwicklung aber nicht zu erkennen. Im Mittelspannungsnetz nehmen Unterbrechungen aufgrund atmosphärischer Einwirkungen und höherer Gewalt vielmehr ab. Im Niederspannungsnetz ist noch kein Trend erkennbar, es deutet sich aber ebenfalls eine Abnahme an. Der Grund für den sich abzeichnenden Rückgang kann in Verbesserungen der Netze liegen, deren Empfindlichkeit gegenüber Wetter und Witterung auch von ihrer Qualität, ihrem Wartungszustand und Alter abhängt. Zudem beeinflusst der Anteil von Erdkabeln die Häufigkeit von Stromausfällen.



QUERVERWEISE

- I-WE-3: Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung





Dauer witterungsbedingter Stromausfälle stabil

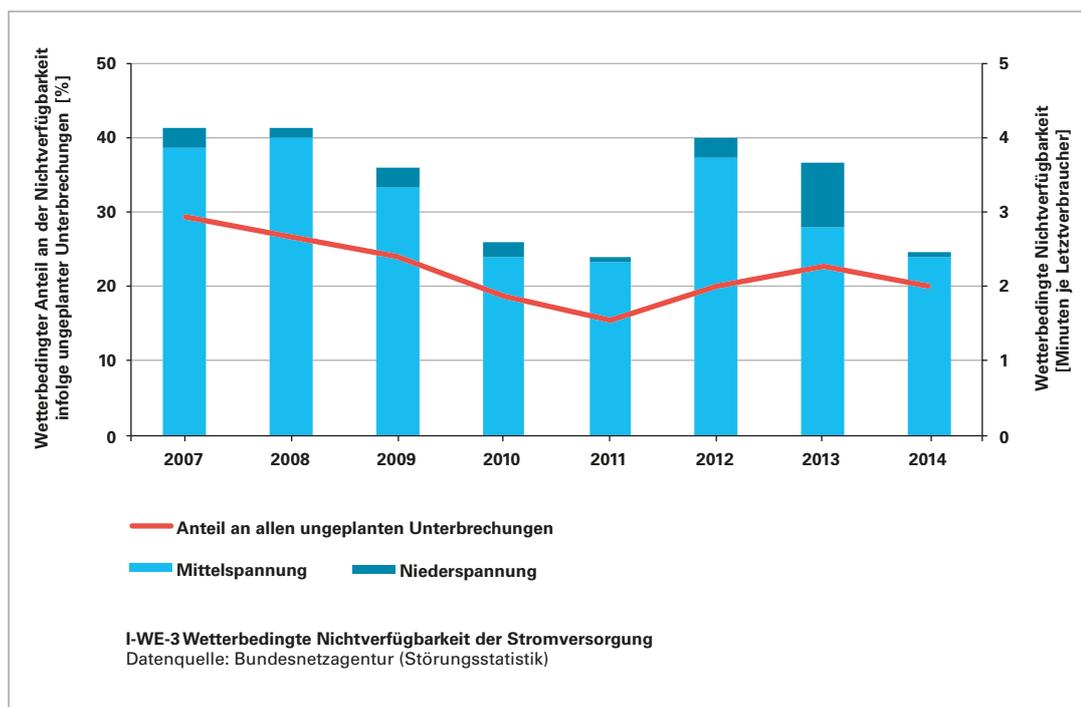
Für die Qualität der Stromversorgung spielen nicht nur die Häufigkeit, sondern auch die Dauer eine wichtige Rolle. Der Indikator bildet daher den Einfluss von Wetter und Witterung auf die Verfügbarkeit der Stromversorgung ab. Im landesweiten Mittel sind Letztverbraucher in Baden-Württemberg in einer Größenordnung von ca. 2 bis 4 Minuten jährlich von wetterbedingten Stromausfällen betroffen. Eine eindeutige Entwicklungstendenz lässt sich bisher nicht erkennen. Deutlich wird aber, dass wetterbedingte Stromausfälle bei der Mittelspannung relevant sind.

Extreme Ausschläge zeigt die Nichtverfügbarkeit von Strom in der Summe von Nieder- und Mittelspannung bislang nicht. Auffällig ist jedoch der massive Anstieg im Bereich der

Niederspannung im Jahr 2013, in dem die Nichtverfügbarkeit um das Dreifache über dem Wert der anderen Jahre lag. Der Grund hierfür liegt in einer längeren Stromabschaltung im Bereich der Landhaussiedlung Mössingen. Dort hatten sich nach lang anhaltenden Starkniederschlägen auf einer Fläche von rund neun Hektar ca. eine halbe Million Kubikmeter Boden- und Felsmassen in Bewegung gesetzt und mehrere Wohnhäuser mit samt ihren Nebengebäuden erfasst. Die Stromversorgung blieb während der über ein Jahr dauernden ingenieurgeologischen Sicherungsmaßnahmen aus Sicherheitsgründen abgeschaltet. Die Siedlung blieb in diesem Zeitraum evakuiert. Der lange Ausfall wurde insgesamt dem Erdbeben zugerechnet und drückt sich daher in der hier abgebildeten Statistik aus. Abgesehen von diesem Ereignis zeigen sich im Jahr 2013 trotz der massiven Hagelunwetter Ende Juli und Anfang August keine besonderen Störungen der Stromversorgung.

Kurz gesagt:

- Witterungsbedingte Stromunterbrechungen liegen unter 30 %.
- Stromverbraucher sind meist nur wenige Minuten von Unterbrechung betroffen.



QUERVERWEISE

- I-WE-2: Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung



Wasserverbrauch der Wirtschaft stark zurückgegangen

Durch den Klimawandel werden Trocken- und Hitzephasen künftig häufiger, intensiver und länger. In der Folge können die Wassertemperaturen von Fließgewässern in den Sommermonaten zu- und ihre Abflussmengen abnehmen. Daher wird mit häufigeren Einschränkungen bezüglich der Einleitung gebrauchten Kühl-

wassers in Fließgewässer und der Entnahme von Kühlwasser, von Prozesswasser oder von Wasser für sonstige betriebliche Nutzungen gerechnet.

Dargestellt wird hier die Wasserverwendung der Wirtschaft zur Kühlung und zur Produktion, wobei auch das von landwirtschaftlichen Betrieben verwendete Produktionswasser in die Statistik eingeflossen ist. Wasser, das zu Bewässerung von landwirtschaftlichen Kulturen genutzt wurde, ist nicht Teil des Indikators.

Die von den Wirtschaftsunternehmen verwendete Menge an Frischwasser sinkt seit Jahren. Wurden im Jahr 1995 noch rund 6.460 Milliarden Kubikmeter Wasser für Kühlung und Produktion verwendet, waren es im Jahr 2013 nur noch rund 3.420 Milliarden Kubikmeter. Die verwendete Wassermenge konnte in den vergangenen 20 Jahren also beinahe halbiert werden. Im gleichen Zeitraum nahm das Bruttoinlandsprodukt deutlich zu. Das Wirtschaftswachstum koppelte sich also sehr stark vom Wasserbrauch ab; je eingesetzter Wassermenge konnte deutlich mehr Wertschöpfung erzeugt werden. Dies drückt sich auch in einem steigenden Trend der Wasserproduktivität aus. Sie war 2013 mehr als doppelt so hoch wie noch im Jahr 1995.

Der Rückgang der Wasserverwendung ist wesentlich darauf zurückzuführen, dass weniger Wasser für die Kühlung in thermischen Kraftwerken genutzt wird. Im Zusammenhang mit der Energiewende wird sich diese Entwicklung fortsetzen. Die Unternehmen reagierten damit vor allem auf steigende Wasserentnahmeentgelte. Deren Höhe bemisst sich in Baden-Württemberg anhand der eingeleiteten Wärmemenge, um Unternehmen einen Anreiz zu bieten, die Gewässer zu schonen. Insbesondere wasserintensive Unternehmen ergriffen daraufhin Maßnahmen wie Kreislaufführung, Wasseraufbereitung oder Grauwassernutzung, um weniger Frischwasser einsetzen zu müssen.





HANDLUNGSFELD WIRTSCHAFT UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Der sinkende Wasserverbrauch der Wirtschaft ist sowohl aus der Sicht des Umwelt- und Ressourcenschutzes als auch mit Blick auf die Anpassung an den Klimawandel positiv zu bewerten. Unternehmen, die weniger auf große Kühlwassermengen angewiesen sind, sind in heißen und trockenen Jahren auch weniger verwundbar. In solchen Jahren kann es notwendig sein, dass die Wiedereinleitung von erwärmtem Wasser zum Schutz der Gewässer reguliert wird und Kühlwasser nur noch in eingeschränktem Umfang entnommen werden darf. Beispielsweise wurde im Sommer 2003 infolge der langanhaltenden Hitze und Trockenheit die Einleitung gebrauchten, erwärmten Kühlwassers in den Rhein beschränkt. Verschiedene Industriebetriebe mussten ihre Produktion daraufhin drosseln, teilweise mit erheblichen wirtschaftlichen Folgen.

Infolge der Koppelung der Wasserentnahme-entgelte an die eingeleitete Wärmemenge konnte nicht nur die rückgeführte Kühlwassermenge verringert werden. Das Kühlwasser wird nun überdies stärker rückgekühlt und mit einer geringeren Temperatur in das Gewässer zurückgeleitet. Dies unterstützt die Klimaanpassung der Unternehmen, dient aber zugleich den Zielen des Gewässer- und Artenschutzes. Mit Blick auf künftig steigende Lufttemperaturen und eine verstärkte Sonneneinstrahlung, die die Gewässertemperaturen ohnehin steigen lassen werden, wirkt diese Verringerung der menschgemachten Belastungen einer thermischen Überbelastung der Gewässer entgegen. Prinzipiell reduziert eine zunehmende Wassereffizienz mögliche Nutzungskonflikte mit anderen Großverbrauchern wie der Landwirtschaft.

Kurz gesagt:

- Wasserverbrauch von Unternehmen hat sich fast halbiert.
- Dies fördert die Anpassung von Unternehmen an den Klimawandel und den Gewässerschutz.

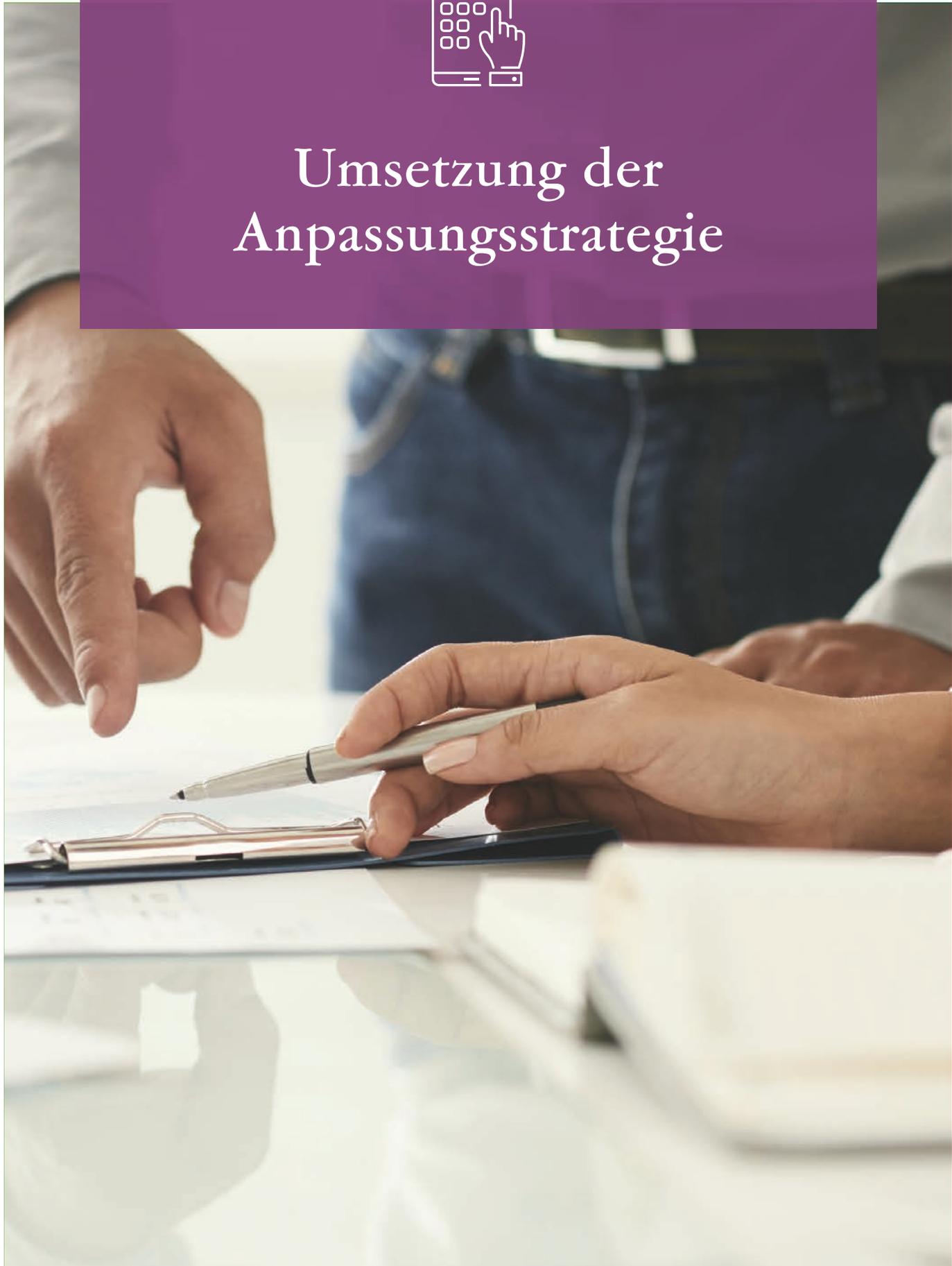


QUERVERWEISE:

- I-WH-1: Grundwasserstand und Quellschüttung
- I-WH-3: Niedrigwasser



Umsetzung der Anpassungsstrategie





Umsetzungsstand allgemein

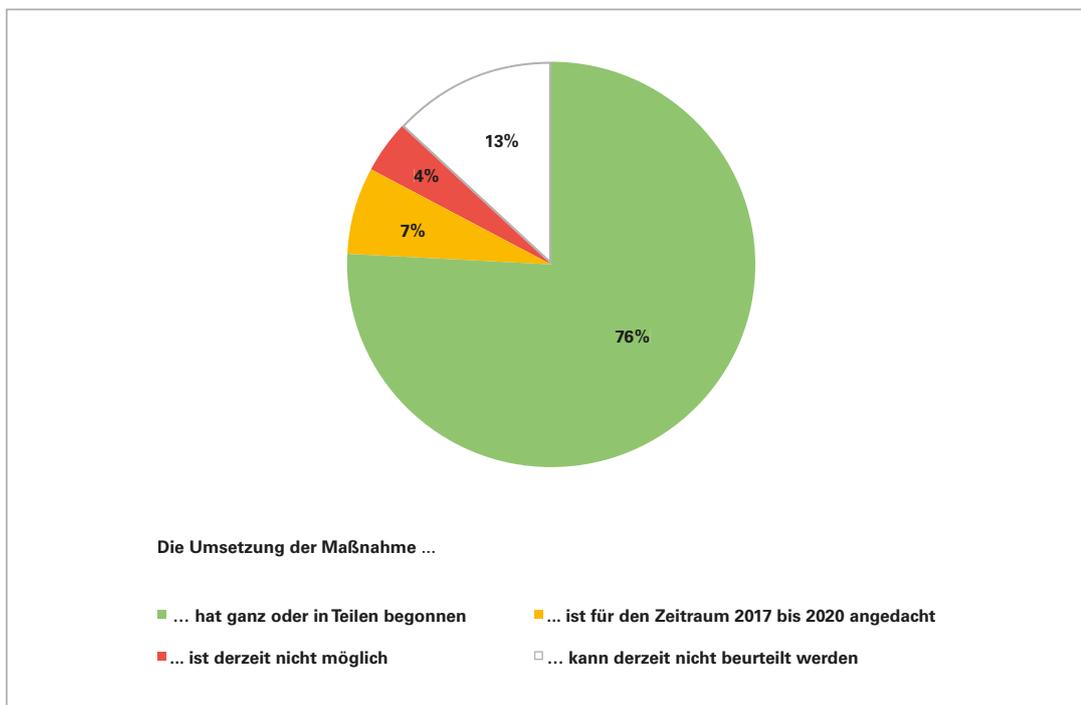
Der Klimawandel findet statt und die Auswirkungen machen auch vor Baden-Württemberg nicht halt. Einige Folgen wie der Temperaturanstieg sind jetzt schon deutlich nachweisbar. Andere Folgen werden sich erst schleichend bemerkbar machen. Darum ist es besonders wichtig, bereits heute die Weichen für die Zukunft richtig zu stellen und geeignete Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen.

In der Strategie zur Anpassung an den Klimawandel werden insgesamt 76 Maßnahmen in neun Handlungsfeldern vorgeschlagen. Die Maßnahmenvorschläge umfassen ein großes Spektrum. Sie reichen von der Bewusstseinsbildung, der Forschung sowie Finanzierung und Förderung von Maßnahmen über die Erstellung von Analysen und Monitoringsystemen, über gesetzliche und planerische Regelungen (Ausweisung von Bodenschutzflächen) und die Strategieentwicklung auf Landesebene (Moorschutzkonzeption) bis hin zu Empfehlungen für Betriebskonzepte (Erweiterung

der Fruchtfolge) oder baulichen Maßnahmen (Begrünung von Dächern). Der Großteil der vorgeschlagenen Maßnahmen liegt im direkten Verantwortungsbereich der öffentlichen Verwaltung. Daneben werden auch Maßnahmen vorgeschlagen, die im Umsetzungsbereich privater Akteure liegen. Für einige dieser Maßnahmen liegen keine ausreichenden Informationen vor, um den Umsetzungsstand beurteilen zu können.

Zum Ende des Jahres 2016 hat die Umsetzung von 58 Maßnahmen ganz oder in Teilen begonnen, was rund 76% der Maßnahmen entspricht. Die Umsetzung von weiteren 5 Maßnahmen ist für den Zeitraum 2017 bis 2020 angedacht. 3 Maßnahmen können aus finanziellen, personellen und organisatorischen Gründen derzeit nicht umgesetzt werden. Von 10 Maßnahmen kann der Umsetzungsstand bisher nicht beurteilt werden.

In der nachstehenden Tabelle sind die Maßnahmen der Anpassungsstrategie mit ihrem jeweiligen Umsetzungsstand dargestellt. Die ausführliche Beschreibung der Maßnahmen finden sich in der Anpassungsstrategie im jeweiligen Handlungsfeld.





M-Nr.	Maßnahme	... ist bereits vollständig erfolgt	... hat ganz oder in Teilen begonnen	... ist für den Zeitraum 2017 bis 2020 angedacht	... ist derzeit nicht möglich
Wald und Forstwirtschaft					
FW1	Methoden zur Dynamisierung der Baumarteneignungsbeurteilung		x		
FW2	Entwicklung eines Beratungskonzepts für Waldbesitzer		x		
FW3	Monitoring von Schadorganismen		x		
FW4	Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und Förderung der Durchwurzelung		x		
FW5	Entwicklung eines umfassenden Entscheidungsunterstützungssystems		x		
FW6	Waldbauliche Maßnahmen zur Verringerung klimawandelbedingter Risiken		x		
FW7	Optimierte Nutzung von Laub- und Nadelholz		x		
FW8	Sicherung und Wiederherstellung von Wanderungsbewegungen und Arealverschiebungen durch Umsetzung und Weiterentwicklung des Generalwildwegplans (GWP)		x		
FW9	Pflegemaßnahmen zur Stabilisierung besonders durch den Klimawandel bedrohter Lebensräume		x		
Landwirtschaft					
LW1	Konservierende Bodenbearbeitung anwenden und ausdehnen		x		
LW2	Fruchtfolge erweitern und verschiedene Sorten pro Kulturart anbauen		x		
LW3	Etablierte und neu auftretende Schaderreger überwachen und Vorsorge treffen		x		
LW4	Frostschutzmaßnahmen ausbauen		x		
LW5	Wertvolle Kulturen vor Hagel und Starkregen durch Überdachungssysteme und Risikominimierung schützen		x		
LW6	Bewässerung aufbauen und Verfahren optimieren		x		
LW7	Sortenspektrum anpassen		x		
LW8	Klimaführung und Kulturfolge gartenbaulicher Kulturen anpassen		x		
LW9	Intensiv genutztes Grünland gezielt verbessern		x		
LW10	Wärmebelastung für Schweine bei Stallneubauten und in bestehenden Ställen vermindern		x		
Boden					
BO1	Reduzierung der Flächeninanspruchnahme		x		
BO2	Stärkere Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit von Böden bei Planungsverfahren		x		
BO3	Ausweisung von Bodenschutzflächen				x
Naturschutz und Biodiversität					
NA1	Ermittlung, Förderung und Schutz von Verantwortungsarten, für die sich die Gefährdung erhöht			x	
NA2	Verbesserung der Überlebenschancen von klimasensitiven und gefährdeten Arten fördern				x





M-Nr.	Maßnahme	... ist bereits vollständig erfolgt	... hat ganz oder in Teilen begonnen	... ist für den Zeitraum 2017 bis 2020 angedacht	... ist derzeit nicht möglich
NA3	Schutzverantwortung bei neu einwandernden Arten prüfen und ggf. Schutzmaßnahmen ergreifen; Einbeziehung von Neobiota in das naturschutzfachliche Informationswesen			x	
NA4	Intensivierung der Renaturierungsmaßnahmen für Hoch- und Niedermoore		x		
NA5	Förderung des Wasserrückhalts durch Schutz von Feuchtgebieten		x		
NA6	Erhaltung und Wiederherstellung von naturnahen Auen und ihrer natürlichen morphodynamischen Prozesse		x		
NA7	Förderung und Schutz weiterer gefährdeter Lebensraumtypen/Biotoptypen		x		
NA8	Schutzgebiete als Kernflächen des Biotopverbunds erhalten, stärken und erweitern		x		
NA9	Berücksichtigung des Klimawandels bei der landesweiten Biotopverbundplanung		x		
NA10	Landeskonzzept zur Wiedervernetzung erleichtert die klimabedingte Wanderung		x		
NA11	Entwicklung und aktive Förderung von Wald-Lebensraumtypen		x		
Wasserhaushalt					
WA 1	Technischen Hochwasserschutz wirtschaftlich einsetzen		x		
WA 2	Betroffene an der Festlegung der Anpassungsmaßnahmen beteiligen und informieren		x		
WA 3	Natürlichen Wasserrückhalt in der Fläche fördern		x		
WA 4	Niedrigwasserabflüsse genauer erfassen, Vorhersagen auf kleine Einzugsgebiete erweitern		x		
WA 5	Kommunales Risikomanagement „Überflutungsschutz“ umsetzen und integrierte Planungsprozesse für eine wassersensitive Stadtentwicklung etablieren		x		
WA 6	Abwassertechnische Anlagen vor Hochwasser schützen			x	
WA 7	Risiko der Versorgungsunternehmen minimieren und Versorgungsstrukturen verbessern			x	
WA 8	Naturnahe Gewässerstrukturen entwickeln und naturnahe Sukzession am Ufer fördern		x		
WA 9	Ausbau des Monitorings bei Fließgewässern, Grundwasser und Bodensee		x		
Tourismus					
TO 1	Klimaverträgliche nachhaltige Angebote schaffen		x		
TO 2	Radland Baden-Württemberg ausdehnen		x		
TO 3	Beherbergungsbetriebe klimafit machen		x		
TO 4	Aufenthaltsqualität sichern und optimieren	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden			
TO 5	Saison für Outdoor-Tourismus erweitern	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden			
TO 6	Strand- und Badetourismus ausbauen	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden			
TO 7	Schneesport in den noch geeigneten Höhenlagen sichern	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden			



M-Nr.	Maßnahme	... ist bereits vollständig erfolgt	... hat ganz oder in Teilen begonnen	... ist für den Zeitraum 2017 bis 2020 angedacht	... ist derzeit nicht möglich
TO 8	Nordic Sports (Movement) saisonunabhängig entwickeln	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden			
TO 9	Informationsoffensive Klima starten	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden			
TO 10	Förderung des Umweltverbands und Optimierung des Verkehrsmanagements		x		
Gesundheit					
GE 1	Hitzeberatung „HeatScout“ einrichten		x		
GE 2	"Kühlstuben" (Hitzeentlastungsräume) einrichten		x		
GE 3	Warndienste stärken		x	x	
GE 4	Medizinische Kompetenzbildung Tropenkrankheiten	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden			
GE 5	VASS-Bekämpfung beginnen		x		
GE 6	Grundlagenforschung zu Vektoren				x
GE 7	Arbeitsschutz für Personen in Außenberufen	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden			
GE 8	Programm zur Verbesserung des Raumklimas für kleine und mittlere Unternehmen (KMU)	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden			
GE 9	Naevi-Screening fördern		x		
GE 10	Aufklärung zur klimaangepassten Verhaltensweise		x		
GE 11	Darstellung des Zusammenhangs zwischen Klimawandel und Luftschadstoffen	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden			
Stadt und Raumplanung					
SR 1	Sicherung großräumig übergreifender Freiraumstrukturen		x		
SR 2	Erhalt und Schaffung eines Flächenverbands zur thermischen Entlastung im Stadtraum		x		
SR 3	Dichtekonzeption zur Sicherung der Durchlüftung und anderer stadtoökologischer Qualitäten		x		
SR 4	Beachtung der Durchlüftung bei der Festsetzung baulicher Anlagen		x		
SR 5	Begrünung von Flächen sowie Dächern und Fassaden baulicher Anlagen		x		
SR 6	Soziodemografische und klimatische Kartierung zur Erfassung von Risikogebieten für gesundheitliche Hitzebelastung		x		
SR 7	Verschattung und Kühlung im öffentlichen Raum		x		
SR 8	Stärkere Berücksichtigung des Klimawandels bei Raumordnungsverfahren		x		
SR 9	Durchführung von Stadtumbaumaßnahmen zur klimaangepassten Siedlungsentwicklung		x		
SR 10	Erhöhung der Anpassungsbereitschaft der an der Planung beteiligten Akteure		x		
Wirtschaft und Energiewirtschaft					
WI 1	Bewusstseinsbildung und Wissenstransfer		x		
WI 2	Umsetzungskampagne starten			x	
WI 3	Verbesserung der Datenlage		x		





Umsetzungsstand wesentlicher Querschnittsmaßnahmen

ERWEITERUNG DES WISSENSTANDS ZU KLIMAFOLGEN UND ANPASSUNG, FÖRDERUNG VON MODELLVORHABEN UND PILOTPROJEKTEN

Das ressortübergreifende Programm „Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg“ (KLIMOPASS) dient der angewandten Klimaforschung und der Erprobung modellhafter Anpassungsmaßnahmen. Im Zeitraum von 2011 bis 2015 konnten im Rahmen des Programms 66 Projekte mit einem Finanzvolumen von 6,4 Millionen Euro gefördert werden. Die durchgeführten KLIMOPASS-Projekte erstrecken sich über die gesamte Bandbreite der in der Anpassungsstrategie aufgenommenen Themenfelder. Von den angesprochenen Zielgruppen waren die Forschungseinrichtungen mit 65% der geförderten Projekte am stärksten vertreten. Der Schwerpunkt der geförderten Projekte lag damit auf der Erarbeitung von Wissensgrundlagen. 2015 wurde das Programm um zwei Fördersäulen erweitert, die sich explizit an Kommunen sowie kleine und mittlere Unternehmen richten. Seither verzeichnet das Programm einen Zuwachs an kommunalen Projektnehmern. Das Programm KLIMOPASS wurde im Jahr 2016 evaluiert und soll nun zu einer auf die Anpassungsstrategie abgestimmten Förderrichtlinie weiterentwickelt werden.

SENSIBILISIERUNG DER RELEVANTEN AKTEURE

Zur Sensibilisierung der relevanten Akteure fanden im Jahr 2016 zwei Veranstaltungen statt.

- Im Februar führte das Umweltministerium das Seminar „Fit für den Klimawandel – Anpassungsstrategien für Kommunen“ mit 40 Teilnehmerinnen und Teilneh-

mern aus Kommunen durch. Im Rahmen des Seminars wurden den Teilnehmenden die Inhalte der Anpassungsstrategie des Landes sowie praktische Handlungsempfehlungen für die zukünftigen Planungen in Kommunen vermittelt.

- Anlässlich des fünfjährigen Bestehens des Programms KLIMOPASS veranstaltete das Umweltministerium zusammen mit der LUBW am 17. Oktober 2016 in Stuttgart die Fachkonferenz „Klimawandel und Anpassung im Südwesten Deutschlands“. An der Konferenz nahmen rund 200 Vertreterinnen und Vertreter aus Politik, Kommunen, Wirtschaft und Wissenschaft teil. Die Teilnehmenden diskutierten nach übergreifenden Fachvorträgen am Nachmittag in vier Foren.

Umsetzungsstand wesentlicher Maßnahmen der Ressorts

Wald und Forstwirtschaft

FW 1: METHODEN ZUR DYNAMISIERUNG DER BAUMARTENEIGNUNGSBEURTEILUNG

Ziel ist, die bisher statische Methode zur Einschätzung der Baumarteneignung im Hinblick auf den Klimawandel zu dynamisieren. Die Umsetzung dieser Maßnahme erfordert wissenschaftliche Arbeiten und liefert die Grundlage für langfristige Waldbauplanungen, insbesondere für die Baumartenwahl. Endprodukt sind überarbeitete Karten und Tabellen zur Baumarteneignung. Mit den dynamisierten Baumarteneignungstabellen und -karten werden Waldbesitzende aller Besitzkategorien adressiert (Staats-, Kommunal- und Privatwald). Die Karten werden bis 2020 fertiggestellt. Ggf. ist zu einem späteren Zeitpunkt eine Aktualisierung erforderlich, sofern neue Klimaszenarien als Eingangsdaten mit wesentlichen Änderungen zu den aktuell verwendeten Eingangsdaten der RCP-Szena-



rien auf den Markt kommen. Die räumliche Ausdehnung der Maßnahme betrifft alle Waldflächen in Baden-Württemberg, für die Informationen zur Standortkartierung vorliegen. Die Kosten der Maßnahme belaufen sich auf rund 530.000 Euro.

FW 2: ENTWICKLUNG EINES BERATUNGSKONZEPTS FÜR WALDBESITZER

Ziel ist, das Bewusstsein für einen verantwortungsvollen Umgang mit Wäldern in Zeiten des Klimawandels zu stärken, indem wissenschaftliche Erkenntnisse zielgruppengerecht und praxisorientiert aufgearbeitet werden. Mit Vorträgen, Schulungen, Vorlesungen und Praxistagen direkt vor Ort soll ein Beitrag geleistet werden, die Lücke zwischen Wissenschaft und Praxis zu schließen. Zielgruppe sind alle Waldbesitzenden in Baden-Württemberg mit Schwerpunkt auf Privatwald und Kleinprivatwald. Die Umsetzung erfolgt im Rahmen eines Projekts, das durch den Waldklimafonds finanziert ist und bis Ende 2018 abgeschlossen werden soll. Die Kosten in Baden-Württemberg betragen rund 180.000 Euro bis Ende 2018.

FW 3: MONITORING VON SCHADORGANISMEN

Ziel ist, das Ausmaß an Klimawandel-assoziierten Störungen und Schäden in Wäldern zu verfolgen. Die Maßnahme hat als Monitoringmaßnahme somit dokumentarischen Charakter und bringt die Stärke der klimawandelbedingten Störungen und Einflüsse zum Ausdruck. Zielgruppen sind die Waldbesitzenden, Waldinteressierten und die allgemeine Öffentlichkeit in Baden-Württemberg. Die Daten stammen aus dem Staatswald in Baden-Württemberg, stehen als lange zurückreichende, retrospektive Datenreihe zur Verfügung und werden jährlich aktualisiert. Die jährlichen Kosten für die Aufbereitung der Daten werden auf 12.000 Euro geschätzt.

FW 6: WALDBAULICHE MASSNAHME ZUR VERRINGERUNG KLIMAWANDELBEDINGTER RISIKEN

Das Ziel ist die Reduktion klimawandelbedingter Mortalitätsrisiken. Verbunden damit sind die Erhöhung der Stabilität und die Verbesserung der Resilienz von Waldbeständen. Bewirtschaftungskonzepte mit moderat reduzierten Bestandshöhen, Zieldurchmessern und Bestandsvorräten können dabei maßgeblich zur Risikoreduktion gegenüber biotischen und abiotischen Risiken bei besonders risikoprädisponierten Baumarten beitragen. Darüber hinaus ermöglicht das raschere Ernten klimalabiler Bäume und Waldbestände den Bewirtschaftenden, die Baumartenzusammensetzung schneller in klimastabile Baumartenmischungen zu überführen (Waldumbau). Bezugsraum sind alle Wälder Baden-Württembergs. Der Umsetzungszeitraum wird auf 20 Jahre bis 2036 geschätzt. Es entstehen Kosten in Höhe von rund 60.000 Euro für die grundlegenden Forschungsarbeiten bis 2019, rund 120.000 Euro für den Wissenstransfer bis 2019. Für die forstbetriebliche Umsetzung entstehen keine zusätzlichen Kosten.

FW 7: OPTIMIERTE NUTZUNG VON LAUBHOLZ

Ziel ist, durch die Entwicklung effizienterer und innovativer Be- und Verarbeitungsmethoden die stoffliche Nutzung von Laubhölzern zu fördern. Es besteht hier erheblicher Bedarf an technologischer Innovation, um die Laubholzverwendung für Konstruktionszwecke zu erhöhen. Zur Verbesserung der Klimaschutzwirkung bei der Holznutzung von Laubbaumarten ist das Verhältnis zwischen stofflicher und energetischer Nutzung zugunsten der stofflichen Nutzung in langfristigen Produkten zu verschieben. Mit dem Klimawandel werden in Zukunft die Laubbaumanteile aufgrund besserer Klimateignung ansteigen. Adressiert sind die Holzindustrie sowie Forschungseinrichtungen mit holztechnischer Ausrichtung. Konkrete Maßnahmen sind die Entwicklung von Forschungsprojekten in diesem Themenbereich, die bis ca. 2035 einsatzfähige Technologien bereitstellen





sollen. Der Bezugsraum ist nicht abgrenzbar, das Thema hat aber für alle Laubwaldgebiete in Deutschland und Baden-Württemberg höchste Relevanz. Die Kosten für die Maßnahme sind derzeit nicht quantifizierbar.

Landwirtschaft

LW 1: KONSERVIERENDE BODENBEARBEITUNG ANWENDEN UND AUSDEHNEN

Diese Maßnahme beinhaltet Möglichkeiten zur Erosionsminderung sowie zur Reduktion von Nährstoffeinträgen in Oberflächengewässer und Nitrat ins Grundwasser. Das MLR fördert derzeit ein diesbezügliches Projekt der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen sowie des Landwirtschaftlichen Technologiezentrums Augustenberg (LTZ). In diesem Projekt werden verschiedene Verfahren der Begrünung und der reduzierten Bodenbearbeitung auf ihre Auswirkungen geprüft.

Baden-Württemberg fördert darüber hinaus im Förderprogramm für Agrarumwelt, Klimaschutz und Tierwohl (FAKT) in der sogenannten Wasserkulisse diverse Maßnahmen zum Erosionsschutz, beispielsweise die reduzierte Bodenbearbeitung im Strip-Till-Verfahren. Insbesondere im erosionsgefährdeten Kraichgau sind Verfahren zur reduzierten Bodenbearbeitung schon stark in der Praxis etabliert. Bestimmte Erosionsschutzmaßnahmen sind zudem eine Voraussetzung für den Erhalt von Direktzahlungen.

LW 2: FRUCHTFOLGE ERWEITERN UND VERSCHIEDENE SORTEN PRO KULTURART ANBAUEN

Die Maßnahme richtet sich an die Beratung und direkt an landwirtschaftliche Betriebe. Sie hat zum Ziel, das Anbaurisiko durch mehrgliedrige Fruchtfolgen zu streuen. Im Zuge der Greening-Vorgaben im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik müssen 5% der Ackerfläche eines Betriebes als ökologische Vorrangfläche ausgewiesen sein. Dieser Anteil kann beispielsweise durch den Anbau

von Leguminosen (Hülsenfrüchte) erbracht werden. Die über das Agrarumweltprogramm FAKT geförderte fünfgliedrige Fruchtfolge verstärkt diesen Effekt. Im Jahr 2016 wurde die fünfgliedrige Fruchtfolge in Baden-Württemberg auf 110.690 Hektar beantragt. Eine erweiterte Fruchtfolge wird auch mit der Eiweißinitiative des Landes befördert. Dazu werden am Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) verschiedene Versuche unter Einbindung von Demonstrationsbetrieben durchgeführt. Das LTZ ist darüber hinaus Teil des Bundesnetzwerks bei Soja, Erbsen und Ackerbohnen.

LW 3: ETABLIERTE UND NEU AUFTRETENDE SCHADERREGER ÜBERWACHEN UND VORSORGETREFFEN

Die Überwachung der Pflanzenbestände in Baden-Württemberg hinsichtlich des Auftretens neuer und etablierter Schadorganismen obliegt den Landratsämtern in Zusammenarbeit mit dem LTZ, dem Weinbauinstitut Freiburg (WBI) sowie der Staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg (LVWO). Die Ergebnisse fließen über den Pflanzenschutz-Warndienst in die Beratung ein und ermöglichen zielgerichtete Bekämpfungsmaßnahmen. Betrieben stehen über das Online-Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion (ISIP) verschiedene Prognosemodelle und Entscheidungshilfen kostenlos zur Verfügung. Die von den Regierungspräsidien durchgeführte Pflanzenbeschau verfolgt das Ziel, die Einschleppung und Verbreitung gefährlicher Schadorganismen zu verhindern. WBI und LVWO führen beispielsweise ein landesweites Monitoring bezüglich des Kirschessigfliegenbefalls im Weinbau durch. Einsehbar sind diese Ergebnisse über die Online-Plattform „Vitimeteo“.

LW 7: SORTENSPEKTRUM ANPASSEN

Die Verwendung von Sorten, die optimal an die Standortbedingungen angepasst sind, reduziert das Anbaurisiko. Auch die Widerstandsfähigkeit gegenüber Schädlingen und Krankheiten spielt bei der Sortenwahl eine große Rolle, und der Aufwand an Pflanzen-



schutzmitteln kann dadurch vermindert werden. Jahr für Jahr kommen neue Sorten auf den Markt. Um dem Erwerbsanbau eine Hilfestellung für die richtige Sortenwahl zu geben, werden die Sorten von staatlicher Seite auf ihre Anbaueignung unter den hiesigen Klimabedingungen geprüft. Schon heute treten Trockenperioden und Starkregenereignisse gehäuft auf. Zuchtziele wie Trockenstresstoleranz und Standfestigkeit gewinnen an Bedeutung und werden daher in der Pflanzenzüchtung bereits aufgegriffen. Zum Teil kann auch auf bereits vorhandene Sorten zurückgegriffen werden.

LW10: WÄRMEBELASTUNG FÜR SCHWEINE BEI STALLNEUBAUTEN UND IN BESTEHENDEN STÄLLEN VERMINDERN

In der Schweinehaltung haben insbesondere stallbauliche Aspekte für die Stallklimaführung große Bedeutung. So können beispielsweise durch eine gezielte Luftführung in einem Stall Kühleffekte erzielt werden. Auch verfahrenstechnische Nachrüstungen oder der Einbau von Erdwärmetauschern können eine Rolle spielen. Untersuchungen wurden hierzu am Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg – Schweinehaltung, Schweinezucht durchgeführt. Bereits im Jahr 2011 wurde hier im Rahmen von KLIMOPASS ein Projekt zur Entwicklung und Optimierung von Regelstrategien für eine tiergerechte Be- und Entlüftung durchgeführt und im Jahr 2014 durch ein weiteres KLIMOPASS-Projekt speziell zum relativ neuen Lüftungsverfahren der Unterflurzuluftführung ergänzt. Die Ergebnisse aus den Praxisversuchen finden Eingang in die Beratung der landwirtschaftlichen Betriebe. Die entsprechenden baulichen Maßnahmen sind gegebenenfalls mit Zusatzkosten für die landwirtschaftlichen Betriebe verbunden. Es besteht jedoch grundsätzlich die Möglichkeit einer staatlichen Förderung beispielsweise über das Agrarinvestitionsförderungsprogramm.

Boden

BO-1: REDUZIERUNG DER FLÄCHENINANSPRUCHNAHME

Eine langfristige Reduzierung der Flächeninanspruchnahme dient unter anderem dem Schutz natürlicher Bodenfunktionen und dem Erhalt der Klimaschutzfunktion von Böden. Eine flächeneffiziente Siedlungsentwicklung trägt dazu bei, Flächenneuanspruchen im Außenbereich zu reduzieren. Das Land unterstützt die Kommunen durch langfristig angelegte Förderprogramme und bewusstseinsbildende Informations- und Serviceangebote:

In den Jahren 2009 bis 2016 wurden den baden-württembergischen Städten und Gemeinden rund 1,57 Milliarden Euro Finanzhilfen für die Städtebauförderung zur Verfügung gestellt. Mit den Zuwendungen konnte das Land in erheblichem Umfang zur Verbesserung und Aufwertung der bedarfsgerechten Anpassung des Wohnungsbestands beitragen. Dies ermöglichte den Kommunen in Sanierungsgebieten sehr zeitnah die Schaffung von Wohnraum, insbesondere für benachteiligte Bevölkerungsgruppen, durch Umnutzung, Modernisierung, Flächenaktivierung (zum Beispiel auf Gewerbebrachen oder militärischen Konversionsflächen) und die Aktivierung von Leerstandsimmobilien. Dabei wurden weitere Flächeninanspruchnahmen vermieden. Dies ist auch ein wichtiger Beitrag zur Erhaltung und Aufwertung des Wohnungsbestands.

Im Rahmen des Förderprogramms "Flächen gewinnen durch Innenentwicklung" wurden seit 2009 rund 250 kommunale Projekte mit einem Fördervolumen von 5,5 Millionen Euro gefördert. Gegenstand der Förderung sind innovative Vorhaben, die in besonderem Maße den Zielen einer flächeneffizienten Innenentwicklung oder auch der Durchgrünung und ökologischen Aufwertung des Siedlungsbereichs Rechnung tragen.





Darüber hinaus unterstützt das Land kommunale Handlungs- und Entscheidungsträger durch Informationsmaterial, Serviceangebote (Flächenmanagement-Tool FLOO) und innovative Dialogforen (z.B. Aktionsbündnis "Flächen gewinnen").

Naturschutz und Biodiversität

NA 1: ERMITTLUNG, FÖRDERUNG UND SCHUTZ VON VERANTWORTUNGSARTEN, FÜR DIE SICH DIE GEFÄHRDUNG ERHÖHT

und

NA 3: SCHUTZVERANTWORTUNG BEI NEU EINWANDERNDEN ARTEN PRÜFEN UND GGF. SCHUTZMASSNAHMEN ERGREIFEN

Ziel der Maßnahmen ist die gezielte Förderung von durch den Klimawandel gefährdeten Arten, für deren Erhaltung eine besondere Verantwortung des Landes oder Deutschlands besteht. Eine Liste der Verantwortungsarten besteht bisher ebenso wenig wie Kriterien zu deren Erstellung. Anhaltspunkt könnten entsprechende Einstufungen für Deutschland aus manchen Roten Listen des BfN liefern.

Derzeit erfolgt die Fortschreibung der Roten Liste der Farn- und Blütenpflanzen. Es ist beabsichtigt, den Faktor Klimawandel aufzunehmen. Hierfür müssen zunächst Kriterien entwickelt werden, anhand derer eine Einstufung erfolgen kann. Sofern weitere Rote Listen erstellt werden, wird der Faktor berücksichtigt. Auch bei der Fortschreibung des Artenschutzprogramms soll der Faktor Klimawandel berücksichtigt werden. Dabei wird allerdings die Verbesserung des Erhaltungszustands von FFH-Arten im Vordergrund stehen. Sofern sich Synergien ergeben, werden diese berücksichtigt.

NA 4: INTENSIVIERUNG DER RENATURIERUNGSMASSNAHMEN FÜR HOCH- UND NIEDERMOORE

Zu dieser Maßnahme zählen zahlreiche Einzelprojekte, die im Folgenden aufgelistet werden:

- Moore werden als wasserabhängige Lebensräume durch den Klimawandel voraussichtlich stark betroffen sein. Ziel ist die Renaturierung geeigneter Flächen, um ihre besondere Natur- und Klimaschutzfunktion zu fördern. Mit der von der LUBW erstellten landesweiten Moorschutzkonzeption werden die Aktivitäten zum Schutz der Moore deutlich verstärkt. Das 2015 veröffentlichte Moorschutzprogramm legt den strategischen Rahmen mit den Zielen, Handlungsfeldern und Instrumenten für den Moorschutz in Baden-Württemberg fest. Derzeit wird ein Handbuch als Praxisanleitung zur Moorrenaturierung erarbeitet. In einem Moorrenaturierungskataster und Biotophilkonzept sollen regionale Prioritäten für Renaturierungs- und Pflegemaßnahmen entsprechend ihrer Dringlichkeit und ihrer Durchführbarkeit zusammengestellt werden. In drei Pilotprojekten (Wurzacher Ried, Gradnausbruch und Ibacher Föhrenmoos) wurden Planungen zur Renaturierung beauftragt. Derzeit laufen zudem Arbeiten zur Ermittlung von Forschungs- und Entwicklungsbedarf.
- ForstBW führt in drei Wald-Hochmooren im Raum Bad Waldsee pilothafte Renaturierungsprojekte auf dem aktuellen Stand des Wissens und der Technik durch. Diese dienen der Umsetzung und als Demonstrationsobjekte der Gesamtkonzeption Waldnaturschutz (Ziel 5) sowie der Moorschutz-Konzeption Baden-Württemberg. Die Planungsphase mit Untersuchungen dauert von 2014 bis ca. 2018. Die Umsetzung soll dann zwischen 2018-2020 erfolgen.
- Im Rahmen des Projekts „Moore mit Stern“ werden in einer Kooperation zwischen dem Land Baden-Württemberg (ForstBW als Grundeigentümer) und dem NABU Baden-Württemberg (Projektträger) mehrere Hoch- und Niedermoore (Hinterzartener Moor, Bodenmösser) ökologisch aufgewertet. Dazu zählen die Wiedervernässungsmaßnahmen bei Hinterzarten sowie bei Isny und Argen-



bühl. Die sukzessive Umsetzung der in mehreren Teilflächen geplanten Renaturierungsmaßnahmen ist zum großen Teil bereits erfolgt und soll voraussichtlich im Winter 2016/2017 abgeschlossen werden.

- Zur Förderung der Wiedervernässung im NSG Schwenninger Moos, Schwarzwald-Baar-Kreis, werden Grabensperren eingerichtet.
- Im Rahmen der Moorregeneration des Pfrunger-Burgweiler Ried erfolgte 2013 die Wiedervernässung des Hochmoorrestes Eulenbruck bei Wilhelmsdorf sowie die Sanierung des Zwischenmoores (Grundwasseraufbruch) Überwachener See bei Wilhelmsdorf. 2014/2015 wurde die Wiedervernässung des Grundwassermoors (Niedermoor) Untere Schnöden bei Ostrach durchgeführt. Alle Drainagen wurden unterbrochen, die Entwässerungsgräben wurden mittels Spundwänden eingestaut, und der Hauptvorfluter (Tiefenbach) wurde in ein neues, deutlich höher gelegenes Gerinne verlegt.
- Im Rahmen der Renaturierung von Niedermooren im Federseeried (Landkreis Biberach) erfolgte im Naturschutzgebiet „Nördliches Federseeried“ von 2012-2014 die Wiedervernässung von 100 Hektar trocken gelegter Niedermoorwiesen in einem ehemaligen Durchströmungsmoor. Die Gesamtkosten betragen 563.000 Euro.

NA 5: FÖRDERUNG DES WASSERRÜCKHALTS DURCH SCHUTZ VON FEUCHTGEBIETEN

Für das Naturschutz- und Feuchtgebiet „Bruchgraben“ wird derzeit eine Machbarkeitsstudie für eine Wiedervernässung erstellt. Dabei sollen Entwässerungsgräben mit festen oder regelbaren Stauvorrichtungen versehen werden. Die Maßnahmenumsetzung ist ab 2017 geplant. Derzeit finden bereits Monitoringmaßnahmen statt, die in den nächsten Jahren fortgeführt werden sollen. Die Maßnahme wird in enger Abstimmung zwischen der Unteren Naturschutzbehörde der Stadt Baden-Baden und dem Regierungspräsidium Karlsruhe umgesetzt.

NA 9: BERÜCKSICHTIGUNG DES KLIMAWANDELS BEI DER LANDESWEITEN BIOTOPVERBUNDPLANUNG

Die Umsetzung eines Biotopverbunds basierend auf dem Fachplan Landesweiter Biotopverbund erhöht die Durchgängigkeit der Landschaft und erlaubt die Ausbreitung von Arten in klimatisch geeignete Räume. Nach landesweiter Ausschreibung läuft derzeit in vier Gemeinden (Albstadt, Backnang, Kuppenheim und Singen) ein von der LUBW betreutes Modellvorhaben „Umsetzung Biotopverbund“, das als Vorbild für weitere Gemeinden dienen soll. Eine neue Broschüre zur Biotopverbundplanung, die sich gezielt an Kommunen richtet, soll die Umsetzung fördern.

Nach der Verankerung des Biotopverbunds im Landesnaturschutzgesetz werden ergänzend zu den LUBW-Modellvorhaben weitere Modellprojekte umgesetzt. Der BUND Landesverband Baden-Württemberg setzt in zwei Gemeinden den Biotopverbund ebenfalls exemplarisch um. Der NABU fördert im Rahmen des Wettbewerbs „Natur nah dran“ von 2015 bis 2020 in jeweils zehn Gemeinden pro Jahr Maßnahmen zur Entwicklung naturnaher Flächen im Siedlungsraum, die zum innerörtlichen Biotopverbund beitragen. Die Gemeinden erhalten hierzu Fördermittel des Landes von bis zu 15.000 Euro. Ergänzend dazu sammelt der Regionalverband Bodensee-Oberschwaben Erfahrungen bei der Konzeption und planungsrechtlichen Umsetzung des Biotopverbunds auf regionaler Ebene.

NA 11: ENTWICKLUNG UND AKTIVE FÖRDERUNG VON WALDLIBENSRAUMTYPEN

Die Bewirtschaftung und Pflege aller FFH-Waldlebensraumtypen wird über die Richtlinie landesweiter Waldentwicklungstypen (WET-Richtlinie) sowie die Pflegehinweise zur Waldbiotopkartierung geregelt. Beide Konzepte werden landesweit auch außerhalb der FFH-Gebiete umgesetzt. Im Privatwald gibt es über die Umweltzulage Wald und die Richtlinie Nachhaltige Waldwirtschaft Instrumente zur Finanzierung.





Inhaltliche Ziele sind die dauerhafte Erhaltung von ökologisch stabilen und strukturreichen Lebensraumtypen (LRT), die den charakteristischen Arten Lebensraum bieten und gegenüber Standortsveränderungen weniger empfindlich reagieren können. Dies geschieht über eine im Hinblick auf die Erhaltungsziele umsichtige, naturnahe Waldbewirtschaftung und Pflege. Für die Erhaltung eichenbetonter Wald-LRT sind auch spezifische Maßnahmen erforderlich, die die Eiche insbesondere in der Verjüngungsphase unterstützen.

Ergänzt werden die waldbaulichen Maßnahmen durch die Umsetzung des Alt- und Totholzkonzepts, die Berücksichtigung der Erfordernisse von Lichtwaldarten und eine naturnahe Waldbewirtschaftung auch außerhalb von FFH-LRT, wodurch ein durchgängiger, ökologisch stabiler Verbund an naturschutzfachlich wichtigen Strukturen entsteht. Dieser beinhaltet für die LRT auch die Option, den sich ändernden Standortverhältnissen zu folgen.

Aufgrund der Langfristigkeit der Waldbewirtschaftung ist die Maßnahmenumsetzung dauerhaft angelegt, ein Erfolg wird sich auch erst über die Jahrzehnte hinweg zeigen.

Wasserhaushalt

WA 1: TECHNISCHEM HOCHWASSERSCHUTZ WIRTSCHAFTLICH EINSETZEN

Ziel der Maßnahme ist es, durch technische Maßnahmen den Hochwasserschutz zu erhöhen. Zuständig für die Baumaßnahmen sind die Kommunen, das Land und die Zweckverbände. Dabei ist seit 2005 der „Lastfall Klimaänderung“ mit zu untersuchen. Hierbei ist ein regionalspezifisch vorgegebener Zuschlag („Klimaänderungsfaktor“) zum derzeit gültigen Bemessungswert (zum Beispiel HQ100) zu berücksichtigen. Je nachdem, welche Konsequenzen und Mehrkosten sich dadurch für die Auslegung der Maßnahmen ergeben, ist zu entscheiden, wie der Lastfall Klimaänderung berücksichtigt wird. Wird die Klimaän-

derung nicht bereits beim Bau berücksichtigt, sind die Baumaßnahmen so zu konzipieren, dass sie ggf. mit geringem Bedarf nachgerüstet werden können. Flächen für potenzielle Dammerhöhungen oder Rückhalteräume sollten freigehalten werden. Die Umsetzung erfolgt im Rahmen der Bautätigkeiten der zuständigen Stellen.

WA 2: BETROFFENE AN DER FESTLEGUNG DER ANPASSUNGSMASSNAHMEN BETEILIGEN UND INFORMIEREN

Die Hochwasserpartnerschaften, ein Zusammenschluss von Kommunen, Fachverwaltung und Institutionen, dienen als Erfahrungsaustausch und zur Fortbildung der Beteiligten. Sie beschäftigen sich auch mit den örtlichen Auswirkungen des Klimawandels und den ggf. erforderlichen Anpassungsmaßnahmen. Die Hochwasserpartnerschaften haben eine große Bedeutung für die Umsetzung der EU-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie. Die Bevölkerung muss über ihr Hochwasserrisiko und über Vorsorgemaßnahmen aufgeklärt werden. Die gesellschaftliche Auseinandersetzung mit dem Hochwasserrisiko soll gefördert werden. Die Umsetzung erfolgt im Rahmen regelmäßiger Fortbildungsveranstaltungen. Im Zeitraum 2012 bis 2016 haben ca. 90 Hochwasserpartnerschaften mit verschiedenen Schwerpunkten stattgefunden. Somit gab es in diesem Zeitraum in jedem Gebiet drei bis vier Veranstaltungen.

WA 8: NATURNAHE GEWÄSSERSTRUKTUREN ENTWICKELN UND NATURNAHE SUKZSSION AM UFER FÖRDERN

Zentrales Ziel der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist der gute Zustand der europäischen Gewässer. Ein wesentlicher Beitrag hierzu ist die umfassende und kontinuierliche Verbesserung der Gewässerstruktur hin zu einem möglichst naturnahen Zustand. Mit Blick auf die klimabedingten Änderungen soll hierdurch insbesondere die Resilienz der Gewässer gegenüber negativen Einflüssen gestärkt werden. Ein wesentlicher Effekt von Renaturierungsmaßnahmen ist die Erhaltung oder Schaffung von Lebensräumen für die (semi-)



aquatischen Lebensgemeinschaften und damit die Verbesserung ihrer Lebensbedingungen. Kennzeichen naturnaher Abschnitte sind unter anderem ein durchgehendes Fließkontinuum (keine Querbauwerke, kein Stau), eine typspezifisch ausgeprägte Sohlstruktur und intakte Ufer mit ausreichendem Bewuchs. So werden Tiere und Pflanzen eher in die Lage versetzt, sich an die ändernden klimatischen Bedingungen anpassen zu können. Im Zeitraum des ersten Bewirtschaftungszyklus der EG-Wasserrahmenrichtlinie (2010 bis 2015) wurden für gewässerökologische Maßnahmen an Gewässern I. Ordnung Landesmittel in Höhe von rund 30,8 Millionen Euro investiert. Kommunale gewässerökologische Maßnahmen wurden in diesem Zeitraum mit rund 36 Millionen Euro bezuschusst.

Tourismus

TO 1: KLIMAVERTRÄGLICHE, NACHHALTIGE ANGEBOTE SCHAFFEN

Das Ministerium der Justiz und für Europa (JuM) hat gemeinsam mit Partnern die Destinationszertifizierung „Nachhaltiges Reiseziel“ entwickelt und etabliert. Dabei geht es unter anderem um den Ausbau des nachhaltigen Tourismus und von klimaverträglichen Tourismusangeboten. Die Destinationszertifizierung ist das erste Verfahren im deutschsprachigen Raum zur kontinuierlichen nachhaltigen Ausrichtung einer Tourismusdestination und deren Leistungsträger (zum Beispiel Beherbergungs- und Gastronomiebetriebe). Dabei werden alle drei Säulen der Nachhaltigkeit – die ökologische, ökonomische und sozio-kulturelle – berücksichtigt. Das Verfahren steht inzwischen allen Tourismusdestinationen auch außerhalb der Landesgrenzen offen, so dass davon auszugehen ist, dass weitere Destinationen nach baden-württembergischem Modell zertifiziert werden.

TO 2: RADLAND BADEN-WÜRTTEMBERG AUSDEHNEN

Das Verkehrsministerium (VM) und das JuM arbeiten im Bereich des Radtourismus im Hin-

blick auf Förderung und Vermarktung eng zusammen. Bereits seit 2013 können die 19 Landesradfernwege mit Förderung des VM und JuM sowie der Tourismus Marketing GmbH Baden-Württemberg (TMBW) nach den Kriterien des Allgemeinen Deutschen Fahrrad Clubs (ADFC) zu ADFC-Qualitätsrouten klassifiziert und als solche im Radtourismus vermarktet werden. Ein besonderes Highlight im Jahr 2017 bildet das Fahrrad-Jubiläum (unter der Federführung des VM), mit dem die Erfindung des Fahrrads durch Karl Drais vor 200 Jahren gefeiert und Baden-Württemberg als „Fahrrad-“ und „Radreiseland“ weiter beworben wird. In diesem Zusammenhang wurde unter anderem ein „Radtourismuspreis“ vom JuM und der TMBW ausgeschrieben.

Gesundheit

GE 1 UND GE 2: HITZEBERATUNG „HEAT-SCOUT“ / KÜHLSTUBEN EINRICHTEN

In Ballungsräumen wird die Schaffung kommunaler Einrichtungen ("HeatScout") empfohlen, die interkulturell, kompetent und vor allem schnell auch Einzelpersonen unterstützend Hilfe gewähren kann. Eine Koordination von Hilfsangeboten unter Mitwirkung der sozialen Dienste wird als sinnvoll erachtet. Während länger andauernder Hitzeperioden wird den Stadtverwaltungen die Einführung von Hitzeentlastungsräumen („Kühlstuben“) empfohlen. Hier kann es sich um öffentliche Einrichtungen, aber auch um Kaufhäuser handeln, die einen Ruheraum ohne Konsumzwang zur Verfügung stellen. Zur Einrichtung bzw. Durchführung leistet das Landesgesundheitsamt beratend Unterstützung.

GE 3: WARNDIENSTE STÄRKEN

Das vom Landesgesundheitsamt bereits 2003 etablierte Hitze-Frühwarnsystem informiert und warnt per E-Mail und Fax Kliniken und Pflegeeinrichtungen bereits im Vorfeld über drohende Hitzeepisoden. Diese Informationen sind auch über die Homepage des Landesgesundheitsamts oder dort zu beziehende Merkblätter erhältlich. Einzelne Gesundheitsämter





haben auf der Basis dieser Informationen eigene, auf die jeweilige Region zugeschnittene Merkblätter gestaltet. Hitzewarnungen werden auch vom Deutschen Wetterdienst ausgegeben und vom Lagezentrum über Radio und Fernsehen verbreitet. Eine Kombination von Hitzewarnungen mit eventuellen Ozon- oder auch Feinstaubwarnungen sollte wegen der häufigen Koinzidenz durchgeführt werden.

GE 5: VASS-BEKÄMPFUNG

Durch den Aufbau eines Warn-, Bekämpfungs- und Kontrolldienstes zu gesundheitsgefährdenden Pflanzen und Tieren (VASS= Vektoren, Allergene, Schadtieren, Schadpflanzen) sollen die Gefahren für die Bevölkerung verringert werden. Im Zusammenhang mit dem Asiatischen Tigermoskito erging im Sommer 2016 ein Informationsschreiben an die Gesundheitsämter.

Stadt- und Raumplanung

SR 1: SICHERUNG GROSSRÄUMIG ÜBERGREIFENDER FREIRAUMSTRUKTUREN

Durch Sicherung großräumig übergreifender Freiraumstrukturen kann ein Beitrag zur Minderung der Hitzebelastung in Siedlungen, zur Erhaltung regionaler Wasserressourcen und zur Minderung von Hochwasserrisiken geleistet werden. Neben den relevanten Fachplanungen (insbesondere Landschaftsplanung) werden in der Regionalplanung regionale Grünzüge und Grünzäsuren in Form von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten festgelegt, die gegenüber der nachfolgenden kommunalen Planungsebene eine Beachtens- bzw. Berücksichtigungspflicht auslösen. Die regionalplanerische Freiraumsicherung stellt eine dauerhafte und gesetzlich vorgegebene Aufgabe der Träger der Regionalplanung dar.

SR 10: ERHÖHUNG DER ANPASSUNGSBEWEITSCHAFT DER AN DER PLANUNG BETEILIGTEN AKTEURE

Das Wirtschaftsministerium unterstützt Kommunen bei der flächeneffizienten Siedlungsentwicklung durch das Förderprogramm

„Flächen gewinnen durch Innenentwicklung“ und leistet damit einen Beitrag zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Förderfähig sind Konzeptionen zur qualitätsvollen Innenentwicklung und der Flächeneffizienz, die der Schaffung attraktiver, kompakter Siedlungsmuster Rechnung tragen. Dazu zählen unter anderem auch die Verknüpfung der genannten Konzeptionen mit kommunalen Klimaschutz- und Klimaanpassungsstrategien oder der Durchgrünung und der ökologischen Aufwertung des Siedlungsbereiches.

Darüber hinaus unterstützt das Land kommunale Handlungs- und Entscheidungsträger durch Informationsmaterial (Broschüren „Zukunft sichern – mit Flächen haushalten“, „Städtebauliche Klimafibel - Hinweis für die Bauleitplanung“, „Überflutungsvorsorge im Städtebau und in der Bauleitplanung“ (in Vorbereitung), Online-Kurzfilm „Fläche“), Serviceangebote (Flächenmanagement-Tool FLOO), innovative Dialogforen und Auszeichnungsverfahren wie die Landesinitiative „Mittendrin ist Leben. Grün in Städten und Gemeinden in Baden-Württemberg“ einschließlich einer Wanderausstellung oder der Flächenrecyclingpreis Baden-Württemberg.

Wirtschaft und Energiewirtschaft

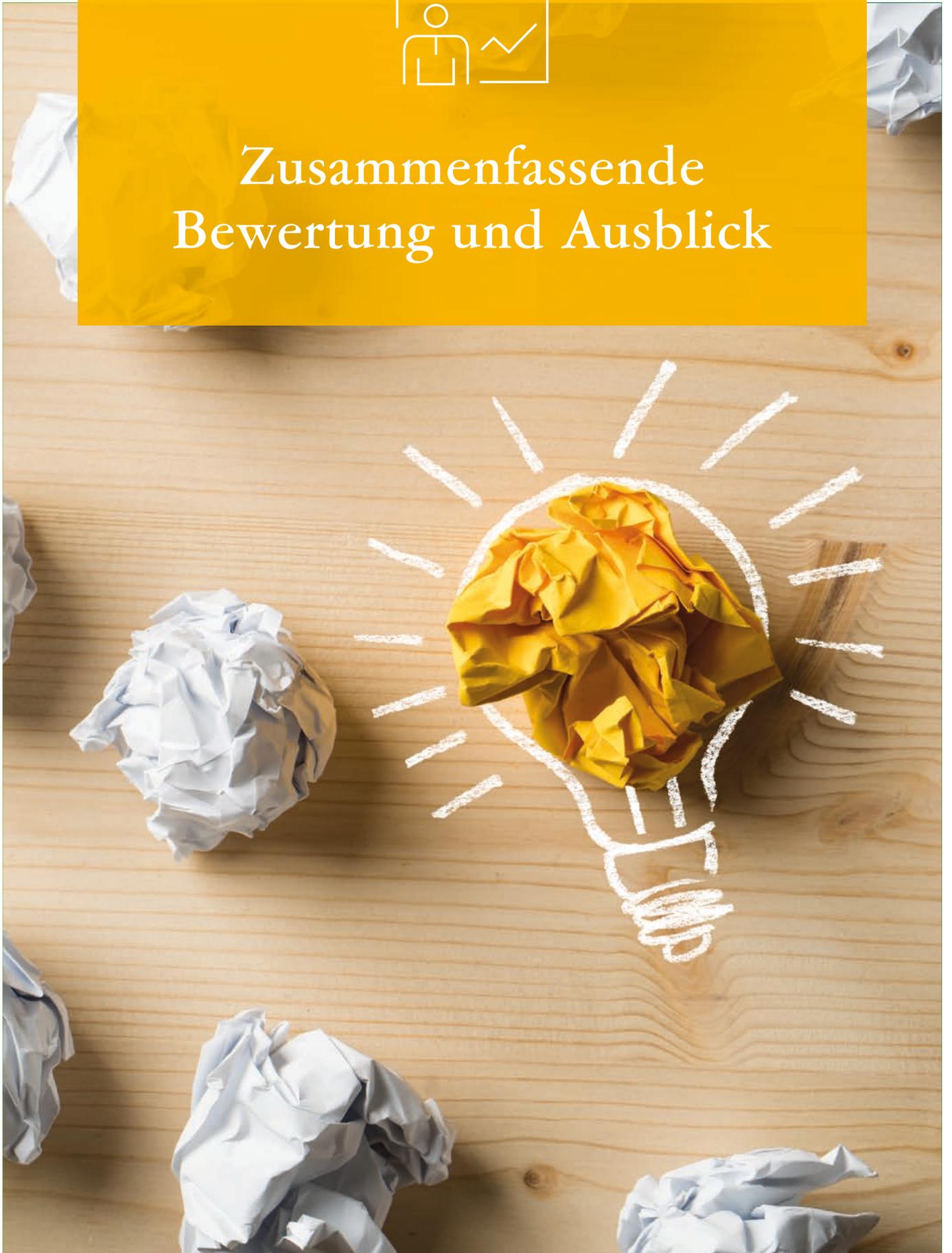
WI 1: BEWUSSTSEINSBILDUNG UND WISSENSTRANSFER

Mit dem Kongress "Klimawandel und Anpassung im Südwesten" im Oktober 2015 haben Umweltministerium und LUBW auch die Betroffenheit der Wirtschaft adressiert und einen Beitrag zur Information und Sensibilisierung geleistet.

Bei der Weiterentwicklung des Programms KLIMOPASS wird geprüft, inwieweit Impulse zur Information und Bewusstseinsbildung der betroffenen Akteure Berücksichtigung finden können.



Zusammenfassende Bewertung und Ausblick





Klimaentwicklung

ES IST NICHT NUR WÄRMER GEWORDEN

Die meteorologischen Daten geben klare Signale zum Klimawandel: Baden-Württemberg wird vom Klimawandel deutlich getroffen. Die Erwärmung liegt mit $+1,3^{\circ}\text{C}$ über der globalen Erwärmung ($+0,85^{\circ}\text{C}$). Besonders ausgeprägt ist die Temperaturzunahme seit den 1980er-Jahren. Sie kann in allen Regionen Baden-Württembergs beobachtet werden. Dabei ist von besonderer Bedeutung, dass es nicht nur insgesamt wärmer, sondern vor allem auch heißer geworden ist. Die durchschnittliche Anzahl der heißen Tage im Land mit Temperaturen $\geq 30^{\circ}\text{C}$ hat sich im Zeitraum 1981-2010 im Vergleich zum internationalen Referenzzeitraum (1961-1990) fast verdoppelt. Die Auswertung von Wetterstationen in verschiedenen Städten im Land zeigt, dass sich diese Entwicklung in den Folgejahren augenscheinlich fortgesetzt hat. Von diesen Hitzeextremen besonders betroffen ist der Rheingraben. Auf der anderen Seite nehmen die Kältekennwerte wie Eis- und Frosttage ab.

Die Jahresniederschläge zeigen keinen Trend, wohl aber eine jahreszeitliche Umverteilung: Die Regression über den Zeitraum 1881-2015 zeigt für die Winterniederschläge eine Zunahme um 33 %, während die Sommerniederschläge weitestgehend unverändert blieben. Eine Zunahme von Niederschlagsextremen kann nicht festgestellt werden. Gründe hierfür sind die starke räumliche Heterogenität von Niederschlagsereignissen und die daraus resultierende Schwierigkeit einer Erfassung.

KEINE BESSEREN AUSSICHTEN

Für die Zukunft sind die Aussichten nicht besser: Die Klimamodellberechnungen lassen einen weiteren Anstieg der Jahresmitteltemperatur mit einer Bandbreite von $+0,8^{\circ}\text{C}$ bis $+1,7^{\circ}\text{C}$ für die nahe Zukunft (2021-2050) gegenüber dem Vergleichszeitraum 1971-2000 erwarten. In der zweiten Hälfte des Jahrhunderts kann die Dynamik des Klimawandels noch zunehmen und es

wird für die ferne Zukunft (2071-2100) ein weiterer Anstieg der Jahresmitteltemperatur um $+2,5^{\circ}\text{C}$ bis $3,6^{\circ}\text{C}$ erwartet. Die Anzahl der heißen Tage wird weiter drastisch ansteigen. Aufgrund der differenzierten Topographie Baden-Württembergs bedeutet dies, dass der Rheingraben und der Rhein-Neckarraum besonders durch Hitzeereignisse betroffen sein werden.

Für die Entwicklung der Niederschläge ergeben sich aus den Modellauswertungen keine klaren Tendenzen. Erst für das Ende des Jahrhunderts gibt es Hinweise auf eine weitere Zunahme der Winterniederschläge und eine Abnahme der Sommerniederschläge.

Weiterentwicklung des Klimamonitorings

Es ist festzustellen, dass für das Monitoring meteorologische Daten nicht immer im gewünschten Maße für die benötigten Zeiträume und räumliche Darstellungen zur Verfügung standen. Die differenzierte Topographie Baden-Württembergs erfordert den kontinuierlichen Betrieb einer repräsentativen Anzahl von meteorologischen Messstellen. Leider sind in den vergangenen Jahren langjährig betriebene Messstationen aufgelöst oder verlegt worden. Für das zukünftige Klimamonitoring sollen eine methodische Harmonisierung und Bereitstellung von meteorologischen Daten zwischen den Ländern, dem Deutschen Wetterdienst sowie anderen beteiligten Einrichtungen weiterhin sichergestellt und weiterentwickelt werden.

Für die Ermittlung der zukünftigen Klimaentwicklung mit Klimamodellen werden als wichtige Aufgaben gesehen, die Niederschlagsmodellierungen belastbarer zu machen, die räumliche und zeitliche Auflösung zu verbessern sowie für die praktischen Anwendung



zur Analyse von Klimafolgen und Planung von Anpassungsmaßnahmen verwendbare Datensätze mit geeigneten Klimakennwerten bereitzustellen. Außerdem beabsichtigt die LUBW, die klimatischen Leitplanken für Baden-Württemberg um die Berechnung mit den neuen „Representative Concentration Pathways“ (RCPs) zu erweitern. Zudem sollte die räumliche Auflösung der Projektionen von bisher 7km bis 25km Gitterweite mindestens auf 5 km verbessert werden.

Klimafolgen und Anpassung in den Handlungsfeldern

Es gibt zahlreiche Hinweise und Belege, dass der Klimawandel verschiedenartige Folgen in Baden-Württemberg hat und sich diese Entwicklung auch in Zukunft fortsetzen wird. Die möglichen Folgen des Klimawandels für die verschiedenen Handlungsfelder sind ausführlich in den Fachgutachten zur Anpassungsstrategie und in der Strategie selbst beschrieben.

Mit dem Monitoring-Bericht und den Indikatoren als Instrument wird das Ziel verfolgt, systematisch die zeitliche Entwicklung der bereits eingetretenen Klimafolgen und der Anpassungsmaßnahmen in ausgewählten Bereichen zu dokumentieren und für die weitere Umsetzung der Anpassungsstrategie zu nutzen.

INDIKATOREN ZEICHNEN VIELFÄLTIGES BILD

Bislang zeigen zehn Impact-Indikatoren (Klimawandelfolgen) statistisch signifikante Klimafolgen und Entwicklungstrends. Vor allem in der Landwirtschaft, dem Tourismus und der Stadt- und Raumplanung ist der Anteil signifikanter Indikatoren hoch. Für sieben Indikatoren liegen nur kurze Datenreihen vor, bei denen die Ergebnisse zwar offensichtlich sind, die Erhebungshäufigkeit aber noch nicht ausreicht, um auch eine statistische Bewertung vornehmen zu können. In allen

Handlungsfeldern gab es auch Indikatoren, die keine signifikanten Entwicklungstrends aufzeigten. Insgesamt trifft dies für fünfzehn Impact-Indikatoren zu. In einigen Fällen kann dies „positiv“ bewertet werden, weil es bedeutet, dass die erwartete Folgewirkung bislang noch nicht in einem nachweisbaren Maß eingetreten ist.

Für mehrere Indikatoren ist der Grund aber auch darin zu sehen, dass die Zeitreihen stark durch diskontinuierliches Auftreten von Extremwerten geprägt sind.

Auf der Response-Ebene (Klimawandelanpassung) zeigen sieben von elf Indikatoren einen Trend. Bei vier Indikatoren ist die Zeitreihe kurz, beispielsweise weil Maßnahmen erst in jüngerer Zeit eingeleitet werden konnten. Kurze Zeitreihen für Response-Indikatoren gibt es in den Handlungsfeldern Wald- und Forstwirtschaft sowie Wasserhaushalt.

In den neun Handlungsfeldern sind die Folgen des Klimawandels verschiedenartig und bedürfen einer differenzierten Interpretation und Bewertung. Sowohl auf der Impact- als auch der Response-Ebene lassen sich für die einzelnen Handlungsfelder keine generellen Schlussfolgerungen ziehen.

Grundsätzlich ist bei der Bewertung der Indikatoren zu berücksichtigen, dass einfache ursächliche Zusammenhänge mit dem Klimawandel nicht immer gegeben sind und andere Einflüsse mitspielen können. Dies gilt sowohl für die Impact- als auch für die Response-Indikatoren. So können zum Beispiel in der Land- und Forstwirtschaft neben dem Klimawandel auch Produktionstechniken und Bewirtschaftungsmethoden eine Rolle spielen. Günstige Entwicklungen bei Response-Indikatoren können nicht nur durch Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel bedingt sein: So ist eine Minderung des Flächenverbrauchs auch ein Ziel der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (R-SR-2) und wirkt unterstützend.





EINDEUTIGETRENDS

Am eindeutigsten sind die Trends bei Indikatoren, die sich unmittelbar aus Witterungs- und Klimafaktoren ableiten und vor allem durch die Temperaturentwicklung beeinflusst sind.

So ist in den „grünen“ Bereichen Naturschutz und Biodiversität, Landwirtschaft sowie Wald- und Forstwirtschaft festzustellen: Die Indikatoren zu phänologischen Veränderungen (Indikatoren I-NA-1 und I-LW-1) zeigen klare Trends zur immer früher im Jahr einsetzenden Blüte. Die Vegetationszeit verlängert sich insgesamt.

Wärmeliebende Tier- und Pflanzenarten finden inzwischen günstigere Bedingungen vor. Diese Entwicklung lässt sich sowohl bei Wildtieren und -pflanzen wie der Gelbbindigen Furchenbiene (Indikator I-NA-2) als auch bei wärmeliebenden Flechtenarten (I-NA-3) feststellen. Die Konsequenzen für die einzelnen Handlungsfelder sind noch nicht abschätzbar. Besorgnis erregt aber die Etablierung und Ausbreitung von Krankheitserregern oder potenziellen Krankheitsüberträgern. Dazu gehören die hochallergene Beifuß-Ambrosie (I-GE-2) oder die Tigermücke (I-GE-3), die gefährliche Infektionskrankheiten wie das Dengue-Fieber übertragen kann.

ALTERNATIVE WALDUMBAU UND RISIKOMANAGEMENT

In der Wald- und Forstwirtschaft wird die Fichte vom „Brotbaum“ zunehmend zum „Problembaum“: Der Anteil von Fichtenbeständen mit mittelhohem bis hin zu sehr hohem Risiko hat deutlich zugenommen, während Fichtenbestände, die auf ihren Standorten einem geringeren Risiko unterliegen, deutlich abgenommen haben. Das heißt, immer mehr Fichtenbestände geraten an die Wärme- und Trockenheitsgrenze. Die Volumenzuwächse sind bei Buche, Fichte und Kiefer zurückgegangen, bei anderen Baumarten traten keine Veränderungen auf. Aufgrund der kurzen Zeitreihe können die Ursachen dafür nicht bestimmt werden. Der Borkenkäfer profitiert von Wärme und Tro-

ckenheit, doch offensichtlich hat unter anderem das konsequente Borkenkäfermanagement zu einem Rückgang der Schadflächen geführt (Indikator I-FW-4). Seit den 1990er-Jahren steigt die Waldbrandgefahr. Dass weder die Waldbrandfläche noch die Anzahl der Brände trotz der hohen Waldbrandgefahr zugenommen haben (I-FW-5), ist ein Hinweis darauf, dass die Situation nach wie vor unter Kontrolle ist und Prävention, Früherkennung sowie Bekämpfung gut funktionieren. Die Waldwirtschaft passt sich an den Klimawandel an: Der Mischwaldanteil nimmt zu (R-FW-2), nach großen Schadensereignissen werden verstärkt Gelder für den Waldumbau eingesetzt (R-FW-3) und die finanzielle Rücklagenbildung zur Bewältigung klimawandelbedingter Risiken im Staatswald verbessert sich (R-FW-1).

POSITIVE WIE NEGATIVE EFFEKTE IN DER LANDWIRTSCHAFT UND BEIM BODEN

In der Landwirtschaft zeichnen sich weitere klare Trends ab: Der Maiszünsler spielt als Schaderreger in der Landwirtschaft eine zunehmende Rolle (Indikator I-LW-4) und wichtige Qualitätsparameter beim Weinmost (I-LW-3) verändern sich je nach Rebsorte positiv oder negativ. Positiv entwickelt haben sich die Bedingungen für den Anbau wärmeliebender Fruchtarten wie Körnermais und Soja (R-LW-1). Im Weinbau können heute Sorten wie Merlot und Cabernet Sauvignon kultiviert werden, welche die Weinkonsumenten hierzulande bisher vor allem von Importweinen aus den warmen Regionen Europas kennen (R-LW-2). Ein Einfluss des Klimawandels auf landwirtschaftliche Ertrags-trends ist bisher noch nicht zu erkennen. Witterungsextreme führen aber zu Ertrags-schwankungen zwischen den Jahren (I-LW-2). Sowohl auf leichten wie auf schweren Böden sind bislang noch keine signifikanten Veränderungen des Bodenwasservorrates nachzuweisen (I-BO-1). Extremereignisse (Trockenheit) können bei Regenwurmpopulationen als wichtigen Bodenorganismen lange Zeit anhaltende Populationseinbrüche verursachen (I-BO-2).



HETEROGENES BILD BEIM WASSERHAUSHALT

Im Handlungsfeld Wasserhaushalt stellt sich die Indikation der Extremereignisse schwierig dar. Zwar treten Hochwasserereignisse seit den 1970er-Jahren häufiger als in der Zeit davor auf, ein signifikanter Trend ist jedoch nicht zu erkennen (Indikator I-WH-2). Entscheidend ist letztendlich aber die Schwere der Hochwasserereignisse. An rund 80 % der Messstellen im Land besteht ein Trend zur Zunahme der Schwere des Hochwassers. Immer wieder gibt es extreme Niedrigwasserereignisse, die Anzahl der Niedrigwassertage hat bisher aber nicht signifikant zugenommen (I-WH-3).

Positiv zu bewerten ist, dass sich kein Trend beim Grundwasserstand erkennen lässt (I-WH-1). Daraus resultiert: Die Grundwasservorräte werden derzeit nicht aufgezehrt.

Der Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser des Bodensees wird durch niedrige Phosphatgehalte gefördert und in wärmeren Wintern durch eine schlechtere Durchmischung des Wasserkörpers vermindert. In der Vergangenheit hatte entsprechend der Rückgang der Phosphatgehalte im Bodensee einen positiven Effekt (I-WH-4). In Zukunft wird die Erwärmung des Wassers aber der entscheidende Faktor für die Entwicklung des Sauerstoffgehaltes sein.

In den letzten Jahren wurden die Ausgaben des Landes für den technisch-infrastrukturellen Hochwasserschutz wieder kontinuierlich erhöht. Zusätzlich werden nichttechnische Maßnahmen des Hochwassermanagements, zum Beispiel die Hochwassergefahrenkarten, umgesetzt.

GÜNSTIGERE BEDINGUNGEN FÜR DEN SOMMERTOURISMUS

Insbesondere der Sommertourismus in Baden-Württemberg kann von tendenziell günstigeren klimatischen Bedingungen profitieren. Seit Mitte der 1990er-Jahre werden die Wetter- und Witterungsbedingungen für

Outdoor-Aktivitäten in der Tendenz günstiger (Indikator I-TO-1), die Übernachtungszahlen sind in der letzten Dekade gestiegen (I-TO-2). Der Wintertourismus litt in den 1990er-Jahren unter einer geringen Zahl von Schneetagen (I-TO-3), die Übernachtungszahlen gingen infolge dessen zurück (I-TO-4). Im Nordschwarzwald verblieben die Übernachtungszahlen danach auf geringerem Niveau, während sie im Südschwarzwald zuletzt wieder stiegen. Für die Zukunft wird aufgrund der Modellergebnisse ein Rückgang der Schneetage erwartet, auf den sich der Wintertourismus insgesamt einstellen muss.

GESUNDHEIT: STEIGENDE HITZEBELASTUNG, GEFAHR DER ETABLIERUNG VON KRANKHEITSÜBERTRÄGERN

Im Handlungsfeld Gesundheit ist die gestiegene Hitzebelastung ein wichtiges Thema. Die Hitzewarnungen des Deutschen Wetterdienstes liegen auf einem hohen Niveau (Indikator I-GE-1). Vor allem für die in Städten lebende Bevölkerung führen die steigenden Temperaturen erkennbar zu häufigeren Hitzebelastungen (I-SR-3). Betroffen sind vor allem der wachsende Personenkreis älterer Menschen und Kleinkinder sowie im Freien arbeitende Personen.

Augenscheinlich ist auch, dass das Vorkommen der allergen wirkenden Ambrosia seit 2006 stark zugenommen hat und die eingeleiteten Maßnahmen zur Bekämpfung bisher nicht ausreichen (I-GE-2).

Es besteht die Sorge, dass die in warmen Klimazonen auftretenden Infektionskrankheiten im Zuge des Klimawandels zukünftig auch bei uns auftreten können. Das erst seit 2012 kontinuierlich durchgeführte Monitoring der Tigermücke zeigt eine Zunahme der Funde dieses potenziellen Krankheitsüberträgers, der unter anderem Erreger des Dengue- und Chikungunya-Fiebers übertragen kann (I-GE-3). Erste Hinweise auf eine Überwinterung dieser Mücke untermauern die Sorge, dass sich derartige Überträger für Krankheiten bei uns etablieren. Vor dem Hintergrund





einer Diskussion um Bekämpfungsmaßnahmen unterstreichen diese beiden Indikatoren noch einmal die Notwendigkeit, dass Klimafolgenindikatoren kontinuierlich erhoben werden sollten.

NEUE ANFORDERUNGEN FÜR STADT- UND RAUMPLANUNG

Im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung ergeben sich aus der gestiegenen Hitzebelastung (Indikator I-SR-3, dargestellt am Beispiel der Städte Stuttgart und Karlsruhe) und dem daraus resultierenden steigenden Kühlungsbedarf (I-SR-4) neue Herausforderungen für den Städtebau sowie den Wärmeschutz und die Kühlung von Gebäuden. Zu einem besseren Stadtklima trägt unter anderem eine ausreichende Durchgrünung von Städten bei. In die richtige Richtung geht daher der leichte Anstieg der Erholungsfläche im Verhältnis zur Siedlungs- und Verkehrsfläche (R-SR-1).

BISLANG KEIN TREND BEI SCHÄDEN DURCH EXTREMEREIGNISSE

Der Klimawandel ist vor allem mit der Sorge verbunden, dass Extremereignisse zunehmen, die mit großen Schäden einhergehen. Kostintensiv Schäden durch Sturm und Hagel ebenso wie durch weitere elementare Gefahren wie Hochwasser treten immer wieder auf (Indikatoren I-SR-1, I-SR-2). Ein genereller Trend lässt sich bei den Wohngebäudeversicherungen bisher aber nicht erkennen. Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft geht auf der Basis von Modellrechnungen davon aus, dass die Schäden in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts durch Sturm und Hagel in Deutschland um bis zu 28% zunehmen werden.

WIRTSCHAFT UND ENERGIEWIRTSCHAFT: STROMVERSORUNG SOWIE SCHIFFS- VERKEHR BISHER NICHT BEEINTRÄCHTIGT

Im Handlungsfeld Wirtschaft und Energiewirtschaft ist die Binnenschifffahrt am Rhein zwar in einzelnen Jahren durch Hoch- und Niedrigwasser eingeschränkt. Signifikante Veränderungen sind bislang aber nicht erkennbar (Indikator I-WE-1).

Bei der Stromversorgung gehen wetterbedingte Unterbrechungen im Mittelspannungsnetz signifikant zurück (I-WE-2). Die Nichtverfügbarkeiten der Stromversorgung zeigt keine signifikanten Änderungen (I-WE-3). Dies kann auch als Ergebnis erfolgreicher Steuerungsmaßnahmen interpretiert werden: Die bestehende Infrastruktur sowie deren Betrieb und Management können offensichtlich eine hohe Zuverlässigkeit der Stromversorgung sicherstellen. Allerdings sind hier die Zeitreihen noch vergleichsweise kurz. Der Wasserverbrauch von Unternehmen hat sich seit Beginn der 1990er-Jahre fast halbiert (I-WE-4). Dies fördert die Anpassung an den Klimawandel.

Weitere Entwicklung beim Monitoring

Die vorliegende Beschreibung von Klimawandelfolgen und Anpassungsmaßnahmen mittels Indikatoren ist Ergebnis eines intensiven ressortübergreifenden Entwicklungs- und Abstimmungsprozesses. Es wurden im Zuge dieses rund einjährigen Prozesses zunächst diejenigen Indikatoren umgesetzt, bei denen ein Zusammenhang mit dem Klimawandel und der Klimawandelanpassung offensichtlich ist und zu denen gleichzeitig schnell und unkompliziert Daten zugänglich gemacht werden konnten. Die vorgestellten Ergebnisse zeichnen bereits ein vielschichtiges Bild der bereits eingetretenen Klimafolgen und der Anpassungsanstrengungen.

Gleichwohl gibt es noch viele relevante Themen in den Handlungsfeldern, die mit dem vorhandenen Indikatorenset noch nicht thematisiert werden konnten. So soll geprüft werden, ob eine Erhebung zur Entwicklung der gesundheitlichen Folgen von Hitzeereignissen mitaufgenommen werden kann. In einigen Handlungsfeldern wie „Naturschutz und Biodiversität“, „Boden“, „Tourismus“ und „Gesundheit“ fehlt es vor allem an Response-Indikatoren. Für die Ausarbeitung ist mit



einem höheren Aufwand für die Datenbereitstellung und -auswertung sowie für die inhaltliche Abstimmung zu rechnen. Insbesondere müssen hierfür die zuständigen Akteure gewonnen werden.

Die hohe Dynamik des Wissens- und Erkenntnisfortschritts in den Handlungsfeldern zum Themenfeld Klimawandel und Anpassung erfordert, dass das Indikatorenset immer wieder kritisch reflektiert und gegebenenfalls angepasst und erweitert wird. Offensichtlich wird auch, dass Monitoringaufgaben einen langen Atem erfordern.

Umsetzung der Anpassungsstrategie

Zum Umgang mit den Folgen des Klimawandels in den neun Handlungsfeldern beschreibt die Anpassungsstrategie 76 Handlungsempfehlungen.

Für etwa drei Viertel der empfohlenen Maßnahmen wurde bereits mit der Umsetzung begonnen. Rund ein Viertel der Maßnahmen wird erst später umgesetzt. Ihre Umsetzung ist derzeit aus personellen, organisatorischen oder finanziellen Gründen noch nicht möglich.

Da zwischen der Verabschiedung der Anpassungsstrategie im Juli 2015 und der Erstellung dieses Monitoring-Berichts zur Umsetzung von Maßnahmen (Stand 1. November 2016) nur gut ein Jahr liegt, ist dieser erste Umsetzungsbericht vor allem als Startbilanz zu begreifen, die im Zuge der weiteren Berichterstattung fortentwickelt wird. Insbesondere konnte bei diesem Bericht noch keine systematische Zusammenschau von Indikator-basierten Entwicklungen und der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen aus der Anpassungsstrategie vorgenommen werden. Gleichwohl lassen sich bereits jetzt stellenweise aus den dargestellten Indikatoren verstärkte Handlungsbedarfe ableiten. Dies gilt beispielsweise für die weitere Ausbreitung von Ambrosia und

Tigermücke und für die verstärkte Berücksichtigung der klimatischen Entwicklungen in der Stadt- und Raumplanung.

Künftig wird es auch darum gehen, die in der Anpassungsstrategie genannten Maßnahmenbündel und die Zuständigkeiten weiter zu spezifizieren. Insbesondere dort, wo die Landesregierung nicht selbst zuständig ist, sondern andere Ebenen oder Private gefordert sind, müssen Wege zur Sensibilisierung und Motivation rechtzeitiger Anpassungsmaßnahmen weiter beschritten werden. Im Handlungsfeld Tourismus beispielsweise tragen vor allem Kommunen oder Unternehmen, etwa Betreiber von Freizeiteinrichtungen, zur Umsetzung der Maßnahmenvorschläge bei. Auch die Maßnahmenvorschläge in den Handlungsfeldern Stadt- und Raumplanung, Wasserhaushalt oder Gesundheit liegen häufig im Verantwortungsbereich der Kommunen.

Neben der kontinuierlichen Weiterentwicklung des Indikatorensets wird sich die interministerielle Arbeitsgruppe Klimawandel-Anpassung vor allem damit beschäftigen, die Umsetzung der Maßnahmen voranzutreiben. Es gilt, die Maßnahmenempfehlungen noch genauer zu betrachten, die einzelnen Umsetzungsschritte zu identifizieren und die für die Umsetzung verantwortlichen Akteure anzusprechen. Darüber hinaus sollten die Maßnahmen soweit möglich in bestehende Arbeitsprogramme aufgenommen werden.

Als ein Element zur Unterstützung der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen auf kommunaler und privater Ebene soll das Programm KLIMOPASS weiterentwickelt werden. KLIMOPASS hat in der Vergangenheit einen großen Beitrag zur Erweiterung des Wissensstands über die Auswirkungen des Klimawandels im Land geleistet. In den jüngeren Kampagnen konnten zunehmend Kommunen als Antragsteller gewonnen werden. Die Weiterentwicklung von KLIMOPASS soll dazu beitragen, das Thema Anpassung verstärkt in die Breite zu tragen.





Darüber hinaus kommt es für eine breitere Sensibilisierung und Information über die Klimawandelanpassung darauf an, in Zukunft die bereits im Klimaschutz etablierten Akteure und Netzwerke auch für das Thema Anpassung zu gewinnen. Klimaschutz und Klimaanpassung sollen deshalb stärker miteinander verknüpft werden.

Glossar

- Emissionsszenario** Ein Emissionsszenario ist eine plausible Darstellung der zukünftigen Entwicklung von strahlungswirksamen Emissionen wie Treibhausgasen und Aerosolen. Es basiert auf einer Reihe von Annahmen von zugrundeliegenden Einflüssen (wie der demographischen und sozioökonomischen Entwicklung oder dem Technologiewandel).
- Ensemble** Für ein Ensemble werden Simulationen mit verschiedenen Klimamodellen mit gleichen Rahmenbedingungen (beispielsweise gleichen Emissionsszenarien) gerechnet. Die Ergebnisse der verschiedenen Simulationen werden als Kollektiv (Ensemble) statistisch ausgewertet. Damit kann die Bandbreite möglicher Klimaentwicklungen dargestellt und eine höhere Sicherheit der Ergebnisse erreicht werden.
- Extremereignisse** Extremereignisse sind extrem sowohl hinsichtlich der Größe des Ereignisses als auch der statistischen Seltenheit ihres Auftretens („Hundertjähriges Hochwasser“). Bei der Modellierung von längeren Zeiträumen treten sie künftig zwar häufiger auf als heute, sind jedoch immer noch so selten, dass eine Veränderung der Häufigkeit des Auftretens nur schwer statistisch abgesichert werden kann. Aufgrund der fortschreitenden Erwärmung ist es zum Beispiel wahrscheinlich, dass häufiger mit höheren Temperaturen und größerer Hitze zu rechnen ist. Dafür liefern regionale Klimaprojektionen klare Indizien. Die Höhe zukünftiger Spitzentemperaturen kann aber bislang nicht belastbar abgeschätzt werden.
- Huglin-Index** Der Huglin-Index ist ein bioklimatischer Wärmeindex für Weinbaugebiete. Er entspricht der Temperatursumme oberhalb der Schwelle von 10°C im Zeitraum 1. April bis 30. September. Bei der Berechnung werden sowohl die Tagesmitteltemperatur als auch die Temperaturmaxima verwendet und die berechnete Summe mit der geografischen Breite geringfügig modifiziert. Der Huglin-Index zeigt, welche Rebsorte wo gedeihen könnte. Der Müller-Thurgau kommt mit einem Huglin-Index von 1500 aus, ein Merlot braucht 1900.
- Klimamodell** Ein Klimamodell ist eine numerische computergestützte Nachbildung des Klimasystems der Erde, die das Wissen über physikalische, chemische und biologische Eigenschaften des Systems, deren Wechselwirkungen und Rückkopplungsprozesse berücksichtigt. In Abhängigkeit vom Raum, den die Modelle abdecken, wird zwischen globalen Zirkulationsmodellen (GCM) und regionalen Klimamodellen (RCM) unterschieden.

Klimamodell
– Aussagesicherheit

Klimamodelle können grundsätzlich keine Prognose für die Zukunft abgeben in der Art, wie wir sie aus der Wettervorhersage kennen. Computer können heute die aktuelle Wetterentwicklung mit Zeithorizonten von einigen Tagen weitgehend sicher modellieren. Zumindest was die Temperaturvorhersage in den nächsten Tagen angeht, ist darauf in gutem Maße Verlass; die Niederschlagsvorhersage ist dagegen schon schwieriger.

Für die Klimaentwicklung sind die Einflussfaktoren noch vielfältiger und die Zeiträume weitaus größer. Klimamodelle können mit den Klimaprojektionen plausible Entwicklungen aufzeigen, die unter bestimmten Annahmen (wie künftige Treibhausgasemissionen, Bevölkerungsentwicklung, Wirtschaftsentwicklung) eintreten können. Plausibilisiert und validiert werden Modellrechnungen, indem geprüft wird, wie gut sie beispielsweise das Klima in Referenzzeiträumen der Vergangenheit darstellen können. Zusätzlich werden verschiedene Klimamodelle zu einem „Ensemble“ zusammengeführt, um die Ergebnisse auch statistisch auswerten zu können. Zeigen viele Klimamodelle bei gleichen Annahmen (Emissions- oder Konzentrationsszenarien) einen gleichartigen Trend der Klimaentwicklung an, so kann eher davon ausgegangen werden, dass diese Entwicklung unter den gleichen gegebenen Annahmen (Szenarios) eintreten wird.

Auswertungen und Validierungen von Modellrechnungen zeigen, dass hinsichtlich der zukünftigen durchschnittlichen Temperaturentwicklung eine große Richtungssicherheit bei den Ergebnissen besteht. Die verschiedenen Klimamodelle liefern eine Bandbreite der möglichen Entwicklung.

Sorgenkinder sind Simulationen des Niederschlags und von Extremereignissen. Beim Niederschlag sind die Modellstreuungen noch unbefriedigend groß. Zudem werden von den Modellen eines Ensembles sowohl Zunahmen als auch Abnahmen des Niederschlags erwartet, sodass keine Richtungssicherheit gegeben ist. Für die Kennzahlen der Windgeschwindigkeit sind nach den Auswertungen kaum Änderungen für die Zukunft zu erwarten.

Klimaprojektion

Eine Klimaprojektion ist eine Darstellung der Veränderung des Klimas unter verschiedenen Emissions- oder Konzentrationsszenarien für Treibhausgase, Aerosole oder den Strahlungsantrieb. Klimaprojektionen sind keine Prognosen, da sie von den verwendeten Emissions-, Konzentrations- bzw. Strahlungsantrieb-Szenarien abhängen.

Klimasignal

Ein Klimasignal bezeichnet den Anteil einer Klimaänderung, der sich aufgrund von Klimamodellrechnungen ergibt und sich von den natürlichen Klimaschwankungen unterscheidet.

Klimaszenario

Ein Klimaszenario ist eine plausible und häufig vereinfachte Beschreibung des zukünftigen Klimas, die auf einer in sich konsistenten Reihe klimatologischer Beziehungen beruht. Klimaszenarien werden erstellt, um die potenziellen Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels zu untersuchen.

Kühltag / Kühlgradtag	Ein Tag wird als Kühltag bezeichnet, wenn die Tagesmitteltemperatur 18,3°C überschreitet. Zur Berechnung der jährlichen Kühlgradtage wird die Differenz zwischen Tagesmitteltemperatur und dem Schwellenwert 18,3°C gebildet. Die Differenz wird dann für alle Kühltage eines Jahres aufsummiert. Aus dem Wert für die Kühlgradtage (Einheit: Kelvin-Tage) kann abgeleitet werden, wie viel Energie notwendig ist, um Gebäude auf eine angenehme Raumtemperatur abzukühlen.
Median	Der Median ist der Zentralwert in einer statistischen Verteilung. Er teilt alle Werte in zwei Hälften, wobei die eine Hälfte dieser Werte kleiner und die andere Hälfte größer ist als dieser Zentralwert. Er entspricht dem 50. Perzentil.
MHQ = Mittlerer Hochwasserabfluss	Der mittlere Hochwasserabfluss ist eine statistische Maßzahl aus der Pegelbeobachtung und wird in Kubikmeter pro Sekunde angegeben. Er wird als Mittelwert über die höchsten Abflüsse eines längeren Beobachtungszeitraums berechnet.
MNQ = Mittlerer Niedrigwasserabfluss	Der mittlere Niedrigwasserabfluss ist eine statistische Maßzahl aus der Pegelbeobachtung und wird in Kubikmeter pro Sekunde angegeben. Er wird als Mittelwert über die niedrigsten Abflüsse eines längeren Beobachtungszeitraumes berechnet.
Neobiota	Neobiota sind Pflanzenarten (Neophyten) oder Tierarten (Neozoen), die sich durch den Einfluss des Menschen beabsichtigt oder unbeabsichtigt in einem Gebiet etabliert haben, in dem sie vorher nicht heimisch waren.
No-regret-Maßnahmen	deutsch: Maßnahme ohne Bedauern No-regret-Maßnahmen sind Maßnahmen, die auch unabhängig vom Klimawandel ökonomisch und ökologisch sinnvoll sind. Zusätzlich zum Nutzen für den Klimaschutz oder für die Klimaanpassung haben sie einen gesellschaftlichen Nutzen.
Nutzbare Feldkapazität	Unter Feldkapazität versteht man die Wassermenge, die ein zunächst wassergesättigter Boden nach zwei bis drei Tagen noch gegen die Schwerkraft halten kann. Durch die Bindungskräfte in den feinen Poren ist ein Teil der Feldkapazität für die Pflanzen nicht verfügbar (Totwasser). Aus der Differenz von Feldkapazität und Totwasser ergibt sich die nutzbare Feldkapazität (nFK) und damit der potenziell pflanzenverfügbare Wasservorrat eines Bodens.
Perzentil	Die Klimamodellergebnisse werden als Bandbreite mit oberem und unterem Wert dargestellt. Für die Berechnung werden sogenannte Perzentile (lateinisch „Hundertstwerte“) genutzt. Durch Perzentile wird die Verteilung der Ergebnisse der einzelnen Modellläufe des Ensembles betrachtet. Das 50. Perzentil stellt den Median dar: 50 % der Ergebnisse der einzelnen Modellläufe des Ensembles für den angegebenen Zeitraum liegen oberhalb dieses Wertes und 50 % darunter. Beim 15. Perzentil zeigen entsprechend 15 % der Modellläufe einen geringeren Wert und 85% einen größeren. Beim 85. Perzentil liegen hingegen 85% der Modellläufe unter dem Perzentilwert und 15 % darüber. Die Bandbreite bezeichnet zum Beispiel bei den Klimamodellen den Wertebereich zwischen dem 15. und 85. Perzentil; in diesem Bereich liegen 70 % aller modellierten Werte.

Phänologie	Die Phänologie ist die Lehre vom Einfluss des Wetters, der Witterung und des Klimas auf die im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungerscheinungen der Pflanzen und Tiere. Phänologische Phasen bei Pflanzen sind gut zu beobachtende Entwicklungerscheinungen wie die Blattentfaltung, die Blüte oder die Fruchtreife, die Ausdruck eines Wechsels in ihrem physiologischen Zustand sind. Bei Tieren werden beispielsweise der Vogelzug und die Paarungszeit als phänologische Phasen verstanden.
Representative Concentration Pathways (RCPs)	deutsch: Repräsentative Konzentrationspfade RCPs beschreiben die Entwicklung der Konzentration von klimarelevanten Treibhausgasen in der Atmosphäre. Analog zu den SRES-Emissionsszenarien bilden die 4 RCPs (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 und RCP8.5) günstigere bzw. ungünstigere zukünftige Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre mit einer resultierenden zusätzlichen „Energiezufuhr“ (Strahlungsantrieb) für das Klima bis 2100 ab. Im ungünstigsten Szenario RCP8.5 wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2100 8,5 Watt je Quadratmeter zusätzlich zur solaren Einstrahlung der vorindustriellen Zeit zur Erwärmung beitragen. Das Klimaschutz-Szenario (RCP 2.6) weist hingegen Emissionsspitzen zwischen 2010 und 2020 auf und geht von einer darauf folgenden substanziellen Treibhausgasabnahme durch Klimaschutzmaßnahmen aus. Bei diesem Szenario könnte das Zwei-Grad-Ziel erreicht werden.
Richtungssicherheit	Zeigen alle oder eine überwiegende Mehrzahl von Modellergebnissen eine einheitliche Richtung, beispielsweise für die Entwicklung der Jahresmitteltemperatur, wird von einer Richtungssicherheit gesprochen. Diese Richtungssicherheit wird nicht im statistischen Sinne verwendet.
Sensitivität	Die Sensitivität beschreibt der Grad, zu welchem ein System oder Akteur entweder nachteilig oder positiv durch Klimavariabilität oder Klimaänderungen beeinflusst wird oder darauf reagiert.
Starkregen	Der Deutsche Wetterdienst spricht von Starkregen oder auch Starkniederschlag, wenn in einer Stunde mehr als 10 mm bzw. in 6 Stunden mehr als 20 mm Regen fallen.
Vektor	Ein Vektor (lateinisch „Träger, Fahrer“) überträgt einen Infektionserreger von einem Wirt auf einen anderen Organismus, ohne selbst zu erkranken.
Vegetationsperiode	Die Vegetationsperiode ist der Zeitraum des Jahres, in dem die Pflanzen photosynthetisch aktiv sind, also wachsen, blühen und fruchten. Als Beginn der Wachstumszeit wird im Allgemeinen der Abschnitt des Jahres definiert, in dem das Tagesmittel der Lufttemperatur mindestens 5° Celsius (für verschiedene Pflanzen auch 10°C) beträgt.
Vulnerabilität	Die Vulnerabilität gibt an, inwieweit ein System für nachteilige Auswirkungen der Klimaänderungen anfällig ist, beziehungsweise nicht fähig ist, diese zu bewältigen. Gemäß der Definition der IPCC setzt sich die Vulnerabilität aus folgenden drei Teilen zusammen: Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität. Aus Gründen der Verständlichkeit wird der Begriff häufig durch „Anfälligkeit“ oder „Verwundbarkeit“ ersetzt.

Definition der Klimakennwerte

Sommertag [Anzahl Tage]	Tag, an dem das Temperaturmaximum mindestens 25 °C beträgt ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$).
Heißer Tag [Anzahl Tage]	Tag, an dem das Temperaturmaximum mindestens 30 °C erreicht ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$).
Tropennacht [Anzahl Tage]	Tag, an dem das Temperaturminimum über 20 °C liegt ($T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$).
Eistag [Anzahl Tage]	Tag, an dem das Temperaturmaximum kleiner als 0 °C ist ($T_{\max} < 0 \text{ °C}$).
Frosttag [Anzahl Tage]	Tag, an dem das Temperaturminimum kleiner als 0 °C ist ($T_{\min} < 0 \text{ °C}$).
Starkniederschlagstag [Anzahl Tage]	Tag mit einer Niederschlagsmenge über 25 mm.
Trockentag [Anzahl Tage]	Tag mit einer Niederschlagsmenge unter 1 mm.
Niederschlag hydrologischer Sommer [mm]	Niederschlagssumme für die Monate Mai bis Oktober
Niederschlag hydrologischer Winter [mm]	Niederschlagssumme für die Monate November bis April des Folgejahres
Kühltag [Anzahl Tage]	Tag, an dem das Temperaturmittel über 18,3 °C liegt ($T_{\text{mittel}} > 18,3 \text{ °C}$).
Kühlgradtag [Kelvin·Tage]	Summe der Differenzen aus der gemessenen Tagesmitteltemperatur über 18,3 °C und dem Basiswert 18,3 °C für alle Kühltage im Jahr.
Huglin-Index [o.E.]	Temperatursumme oberhalb 10 °C im Zeitraum 1. April bis 30. September

Literatur

Quellen

Arbeitskreis KLIWA – Deutscher Wetterdienst, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2016): Klimawandel in Süddeutschland, Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen – Monitoringbericht 2016.

http://www.kliwa.de/download/KLIWA_Monitoringbericht_2016.pdf

DWD – Deutscher Wetterdienst (Hrsg.) (2016): Nationaler Klimareport 2016 – Klima – Gestern, heute und in der Zukunft. Offenbach am Main.

Global Carbon Project (2015): Global Carbon Budget 2015. *Earth System Science Data* 7: 349-396.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.) (2001): *Climate Change 2001 – Third Assessment Report*. Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC (Hrsg.) (2013): *Climate Change 2013 – Fifth Assessment Report*. Cambridge University Press, Cambridge.

LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) (2013): *Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg – Perspektiven aus regionalen Klimamodellen*. Karlsruhe.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.) (2015): *Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg – Vulnerabilitäten und Anpassungsmaßnahmen in relevanten Handlungsfeldern*. Stuttgart.

Mohr S., Kunz M., Keuler K. (2015): Development and application of a logistic model to estimate the past and future hail potential in Germany. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 120: 3939-3956.

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2015): *Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung*. Dessau-Roßlau.

Zhou B., Rybski D., Kropp J.P. (2013): On the statistics of urban heat island intensity. *Geophysical Research Letters* 40: 5486-5491.

Weitere Literaturhinweise

Fachgutachten zur Anpassungsstrategie

(<http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/233002/>)

HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

Unsel R. (2013): Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Fachgutachten für das Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 68 Seiten.

HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

Flaig H. (Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg) (2013): Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Fachgutachten für das Handlungsfeld Landwirtschaft. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 210 Seiten.

HANDLUNGSFELD BODEN

Billen N. & Stahr K. (2013): Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Fachgutachten für das Handlungsfeld Boden. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 112 Seiten.

HANDLUNGSFELD NATURSCHUTZ UND BIODIVERSITÄT

Schlumprecht H. (2013): Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Fachgutachten für das Handlungsfeld Naturschutz. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 212 Seiten.

HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT

Steinmetz H., Wieprecht S., Bárdossy A. (Universität Stuttgart, Wasserforschungszentrum Stuttgart) (2013): Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Fachgutachten für das Handlungsfeld Wasserhaushalt. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 193 Seiten.

HANDLUNGSFELD TOURISMUS

Roth R., Krämer A. (Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Natursport und Ökologie), Kobernuß J.-F., Schrahe C. (IFT Freizeit- und Tourismusberatung GmbH) (2013): Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Fachgutachten für das Handlungsfeld Tourismus. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 158 Seiten.

HANDLUNGSFELD GESUNDHEIT

Bittighofer P.M. et al. (Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg) (2013): Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Fachgutachten für das Handlungsfeld Gesundheit. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 293 Seiten.

HANDLUNGSFELD STADT- UND RAUMPLANUNG

Hemberger C. & Utz J. (2013): Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Fachgutachten für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 213 Seiten.

HANDLUNGSFELD WIRTSCHAFT UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Rainer A., Klein G., Mewes H. (adelphi) (2013): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels – Stakeholder-Konsultation für das Handlungsfeld Wirtschaft Ergebnisbericht. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 52 Seiten. (nicht publiziert)

Internet

www.um.baden-wuerttemberg.de

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

www.lubw.baden-wuerttemberg.de

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

www.kliwa.de

Kooperationsvorhaben „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ der Länder Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz sowie des Deutschen Wetterdienstes

Impressum

Die vorliegende Broschüre erfüllt die Funktion des Monitoringberichts nach § 9 des Gesetzes zur Förderung des Klimaschutzes in Baden-Württemberg vom Juli 2013.

Herausgeber Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Postfach 10 34 39, 70029 Stuttgart
www.um.baden-wuerttemberg.de

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe
www.lubw.baden-wuerttemberg.de

Bearbeitung und Redaktion Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Dr. Svea Wiehe, Anja Beuter

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Dr. Kai-Achim Höpker, Dr. Sabrina Plegnière, Dr. Harald Gebhardt

Bosch & Partner GmbH, München
Konstanze Schönthaler, Stefan von Andrian-Werburg

Gestaltung unger+ kreative strategien GmbH, Stuttgart

Satz Bosch & Partner GmbH, München

Bezug Die Broschüre ist gedruckt oder als Download im PDF-Format kostenlos erhältlich bei der LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Postfach 10 014 63, 76231 Karlsruhe

ISBN 978-3-88251-397-4

Stand 1. Auflage: Juni 2017

Druck Druckerei Mack GmbH, Schönaich
Gedruckt auf Recyclingpapier mit dem Blauen Engel



Berichtsumfang 158 Seiten

Bildnachweis Titel: Thermometer: © Jenny Sturm/fotolia.com; Schäden nach Starkregenereignis in Braunsbach 1: Wolfgang Hennegriff/LUBW; Blitz: © trendobjects/fotolia.com; Wald: © Smileus/fotolia.com | S. 7, 8: © Kwest/fotolia.com | S. 7, 12: © Jenny Sturm/fotolia.com | S. 7, 24: © Jürgen Fälchle/fotolia.com | S. 28: Sandra Dezenter/LUBW | S. 30: © Patrick Daxenbichler/fotolia.com | S. 32: © Kara/fotolia.com | S. 34: © Juergen Wiesler/fotolia.com | S. 38: © gilitukha/fotolia.com | S. 42: Dr. Sabrina Plegnière/LUBW | S. 44: A. Jacob | S. 46: © Željko Radojko/fotolia.com | S. 48: © Christian Pedant/fotolia.com | S. 50: © Janni/fotolia.com | S. 56: © Dusan Kostic/fotolia.com | S. 58: LUBW | S. 60: Harry Hohl/LUBW | S. 66: Sandra Dezenter/LUBW | S. 68: © M.Schuppich/fotolia.com | S. 74: © fotoping/fotolia.com | S. 76: © AnnaReinert/fotolia.com | S. 78: LUBW | S. 80: LUBW | S. 82: © Pixxs/fotolia.com | S. 84: © Regierungspräsidium Stuttgart/Petra Kuch | S. 86: LUBW | S. 88: LEV Freudensstadt | S. 90: © Jürgen Wackenhut/fotolia.com | S. 92: © mmphoto/fotolia.com | S. 94: © Photogrevy/fotolia.com | S. 98: © Jürgen Fälchle/fotolia.com | S. 100: © Robert Kneschke/fotolia.com | S. 104: © lirtlon/fotolia.com | S. 106: © Manuel Schönfeld/fotolia.com | S. 108: © Stillkost/fotolia.com | S. 110: Wolfgang Hennegriff/LUBW | S. 112: © pure-life-pictures/fotolia.com | S. 114 © dariodv/fotolia.com | S. 116: © Jürgen Fälchle/fotolia.com | S. 118: © Wolfilser/fotolia.com | S. 120: © Countrypixel/fotolia.com | S. 122: © fotos4people/fotolia.com | S. 126: © Christian Schwier/fotolia.com | S. 7, 128: © DragonImages/fotolia.com | S. 7, 142: © fotogestoeber/fotolia.com

Der Nachdruck ist – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung der Herausgeber mit Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT