



Monitoringbericht 2020 zur Anpassungsstrategie an den Klimawandel in Baden-Württemberg

Monitoringbericht 2020
zur Anpassungsstrategie an den
Klimawandel in Baden-Württemberg



Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

die Klimakrise ist und bleibt auch in der Corona-Pandemie die größte Herausforderung für uns. Und die Folgen sind immer mehr zu spüren, auch bei uns im Land. Immer häufigere Hitzewellen, Dürreschäden oder vermehrtes Auftreten von Schädlingen sind Zeichen, dass der Klimawandel in Baden-Württemberg Realität ist.

Die Auswertungen der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg zeigen ganz deutlich: Die Entwicklung in Baden-Württemberg verläuft besonders seit den 1990er-Jahren immer rasanter. 2018 war das Jahr mit der höchsten jemals gemessenen Jahresmitteltemperatur in Baden-Württemberg.

Aus diesem Grund ist konsequenter Klimaschutz unabdingbar. Denn es geht darum, den Klimawandel in einem für uns beherrschbaren Maße zu halten. Wir brauchen aber auch eine effektive Anpassungspolitik, denn die Klimawandelfolgen sind bereits heute deutlich zu sehen und zu spüren. Beides, Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel, müssen Hand in Hand gehen, damit wir uns und den folgenden Generationen massive Schäden sowie höhere Anpassungskosten zu einem späteren Zeitpunkt ersparen und für die Zukunft ein lebenswertes Baden-Württemberg für Mensch und Umwelt erhalten.

Wir überprüfen das Erreichen der Klimaschutz- und Anpassungsziele des Landes im Rahmen von Monitoringberichten auf der Grundlage des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg. Nach 2017 wird nunmehr der zweite Monitoringbericht zur Anpassungsstrategie von der Landesregierung vorgelegt. Das am 14. Oktober 2020 vom Landtag verabschiedete novellierte Klimaschutzgesetz legt ab 2024 alle fünf Jahre einen solchen Bericht zum Stand der Klimaanpassung im Land fest.

Der vorliegende zweite Monitoringbericht zu Klimafolgen und Anpassung, zeigt systematisch die Reaktionen unserer Umwelt und Natur auf die Klimaänderungen und gibt einen Überblick über die Umsetzung unserer Anpassungsstrategie, die im Juli 2015 verabschiedet wurde.

Ich danke allen beteiligten Ministerien sowie den eingebundenen Fachbehörden und insbesondere der LUBW für ihr engagiertes Mitwirken an diesem Bericht. Bis Ende 2022 wollen wir die Anpassungsstrategie mit allen Akteurinnen und Akteuren gemeinsam fortentwickeln. Dieser Bericht sowie die Stellungnahme des Beirats für Klimaschutz sollen hierfür eine Grundlage sein.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'F. Untersteller', is positioned above the printed name.

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. 28



Wald und Forstwirtschaft

S. 32

Landwirtschaft

S. 52

Boden

S. 72

Naturschutz und Biodiversität

S. 80

Wasserhaushalt

S. 88

Tourismus

S. 106

Gesundheit

S. 118

Stadt- und Raumplanung

S. 130

Wirtschaft und Energiewirtschaft

S. 144



Umsetzung der Anpassungsstrategie

S. 154



Zusammenfassende Bewertung und Ausblick

S. 196



Glossar

S. 206

Literatur

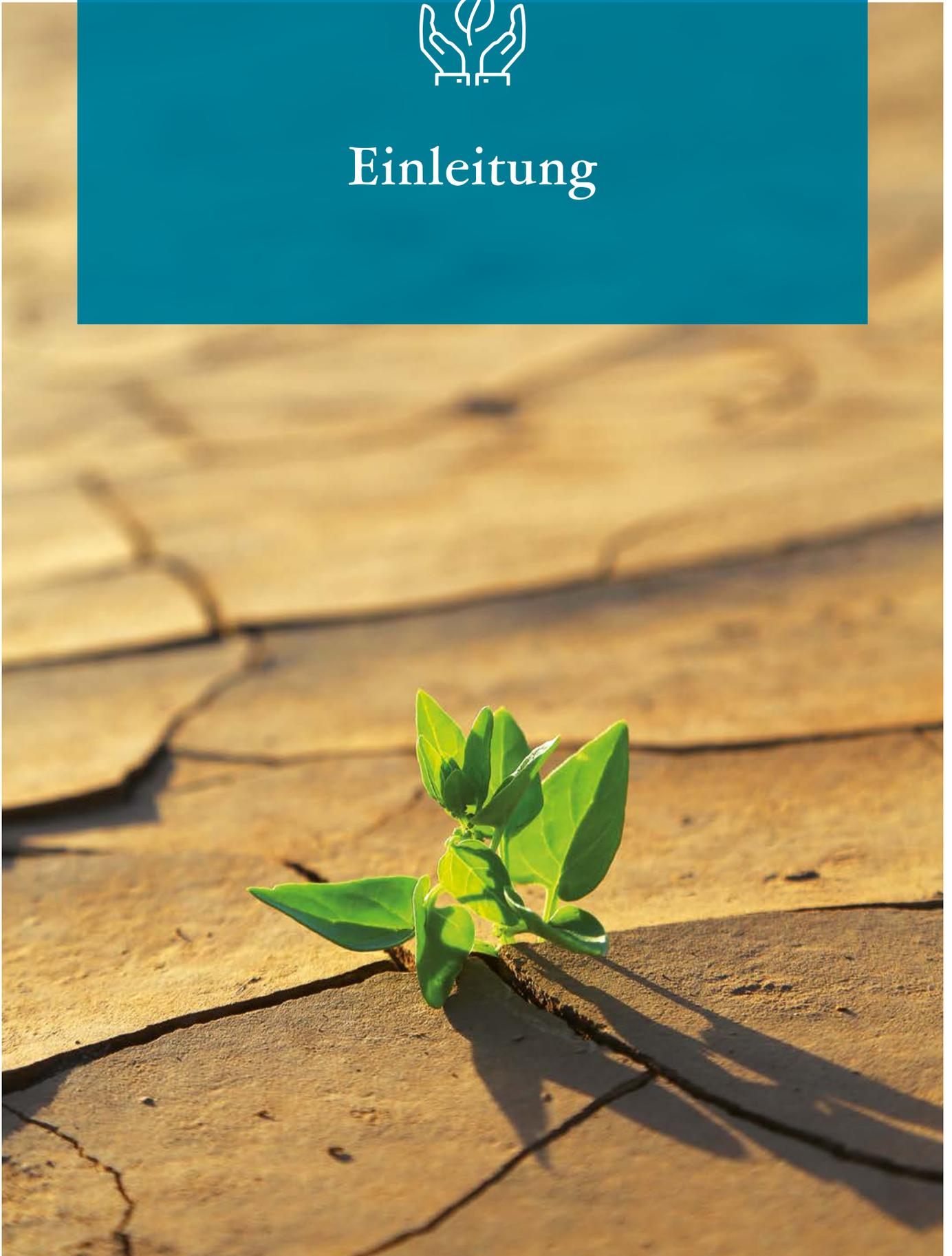
S. 212

Impressum

S. 215



Einleitung





STRATEGIE ZUR ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Immer häufigere Hitzewellen, Dürreschäden oder vermehrtes Auftreten von Schädlingen – der Klimawandel ist inzwischen unübersehbar in Baden-Württemberg. Längst geht es nicht allein um einen effektiven Klimaschutz, sondern auch darum, sich mit geeigneten Strategien den Klimawandelfolgen anzupassen. Beides, Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel, müssen somit Hand in Hand gehen, um auch zukünftig ein lebenswertes Baden-Württemberg für Mensch und Umwelt zu erhalten.

Der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) wies in seinem Synthesebericht des 5. Sachstandsberichts im Jahr 2014 beispielsweise auf die zunehmende Bedeutung einer rechtzeitigen Anpassung an den Klimawandel hin, um Risiken durch Klimaänderungen zu verringern und massiven Schäden sowie höheren Anpassungskosten zu einem späteren Zeitpunkt vorzubeugen.

Baden-Württemberg hat die Anpassung an die Folgen des Klimawandels in sein 2013 beschlossenes „Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes in Baden-Württemberg“ (KSG BW) als eigenständige Säule aufgenommen. Entsprechend der gesetzlichen Verpflichtung gemäß § 4 Abs. 2 KSG BW wurde die „Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg“ im Juli 2015 durch die Landesregierung beschlossen. Mit Erlass dieser Anpassungsstrategie wurde auf Landesebene ein Prozess angestoßen, der dazu beiträgt, die Verwundbarkeit des Landes zu mindern, mögliche Klimafolgen und dabei entstehende Kosten zu senken sowie sich ergebende Chancen zu nutzen.

Die Anpassungsstrategie beschäftigt sich zunächst mit der Frage, wie und mit welcher Dynamik sich das Klima in der Zukunft ändern wird. Dazu hat die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg die Ergeb-

nisse zahlreicher regionaler Klimamodelle* für Baden-Württemberg ausgewertet. Als Ergebnis wird die Bandbreite der möglichen Klimaentwicklungen, also die Klimaleitplanken, in Baden-Württemberg aufgezeigt. Darauf aufbauend wurden 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 Akteurinnen und 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.

MONITORING NACH DEM KLIMASCHUTZGESETZ BADEN-WÜRTTEMBERG

Gemäß § 9 Abs. 2 Nr. 2 KSG BW werden die wesentlichen Folgen des Klimawandels für Baden-Württemberg sowie die Umsetzung und Wirkung wichtiger Maßnahmen alle drei Jahre in einem zusammenfassenden Monitoringbericht dargestellt. Mitte 2017 erschien der erste Bericht, der sich in erster Linie auf die Beschreibung des Klimawandels in Baden-Württemberg sowie die sich daraus ergebenden Veränderungen in einzelnen Handlungsfeldern konzentrierte. Der vorliegende Bericht betrachtet dagegen verstärkt auch die Umsetzung wesentlicher Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel, welche in der Anpassungsstrategie definiert wurden.

Für die inhaltliche Erstellung des Monitoringberichts sind nach § 11 Abs. 2 KSG BW die für die Umsetzung der jeweiligen Strategien und Maßnahmen zuständigen Ministerien verant-

* Erläuterungen zu Klimamodellen siehe Glossar



wortlich. Die Stabsstelle für Klimaschutz hingegen ist gemäß § 11 Abs. 2 KSG BW mit der Koordinierung der Berichterstattung betraut. Inhaltlich wurde der Bericht gemeinsam mit den Ressorts, der LUBW sowie mit Unterstützung eines externen Fachdienstleisters, der Bosch & Partner GmbH, erarbeitet.

MONITORINGBERICHT: ERSTELLUNG UND INHALTE

Für das Monitoring werden 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 (Impakt-Indikatoren),
- die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen und -strategien aufzuzeigen (Response-Indikatoren).

Für den vorliegenden Bericht wurde der Indikatorensatz des letzten Berichts ausgebaut. In Abstimmung mit den Fachpersonen der Landesverwaltung haben das Referat „Medi-

enübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel“ der LUBW sowie externe Expertinnen und Experten der Bosch & Partner GmbH neue Response-Indikatoren entwickelt. Der Indikatorensatz besteht nunmehr aus 57 Indikatoren. Davon sind 35 Impact- und 22 Response-Indikatoren.

Weiterhin berichten die zuständigen Ressorts über die Umsetzung der wesentlichen Maßnahmen der Anpassungsstrategie, die in ihr jeweiliges Handlungsfeld fallen.

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 Klimaschutz zur Stellungnahme vorgelegt und nach Beschlussfassung durch die Landesregierung dem Landtag zugeleitet.

Die Anpassungsstrategie soll auf Grundlage dieses aktuellen Monitoringberichts und des vorausgegangenen Berichtes (2017) in den kommenden Jahren fortgeschrieben werden.







Zustandsbericht Klimawandel





Klimawandel global und in Baden-Württemberg

Laut Sonderbericht des IPCC haben menschliche Aktivitäten bis 2017 bereits etwa 1 °C globale Erwärmung gegenüber dem vorindustriellen Niveau verursacht. Eine globale Erwärmung um 1,5 °C wird somit wahrscheinlich zwischen 2030 und 2052 erreicht, wenn die globale Durchschnittstemperatur mit der aktuellen Geschwindigkeit weiter zunimmt (IPCC 2018).

Die Zunahme der Temperatur ist das markanteste Signal des Klimawandels, welches sich auch in Baden-Württemberg deutlich messen lässt. Andere Folgen sind laut Deutschem Wetterdienst (DWD) regional häufigere Extremereignisse wie Hitzewellen oder Starkniederschläge* (DWD 2016). Zudem zeigen sich bereits heute Veränderungen in der Natur und Umwelt Baden-Württembergs als Folgen des Klimawandels.

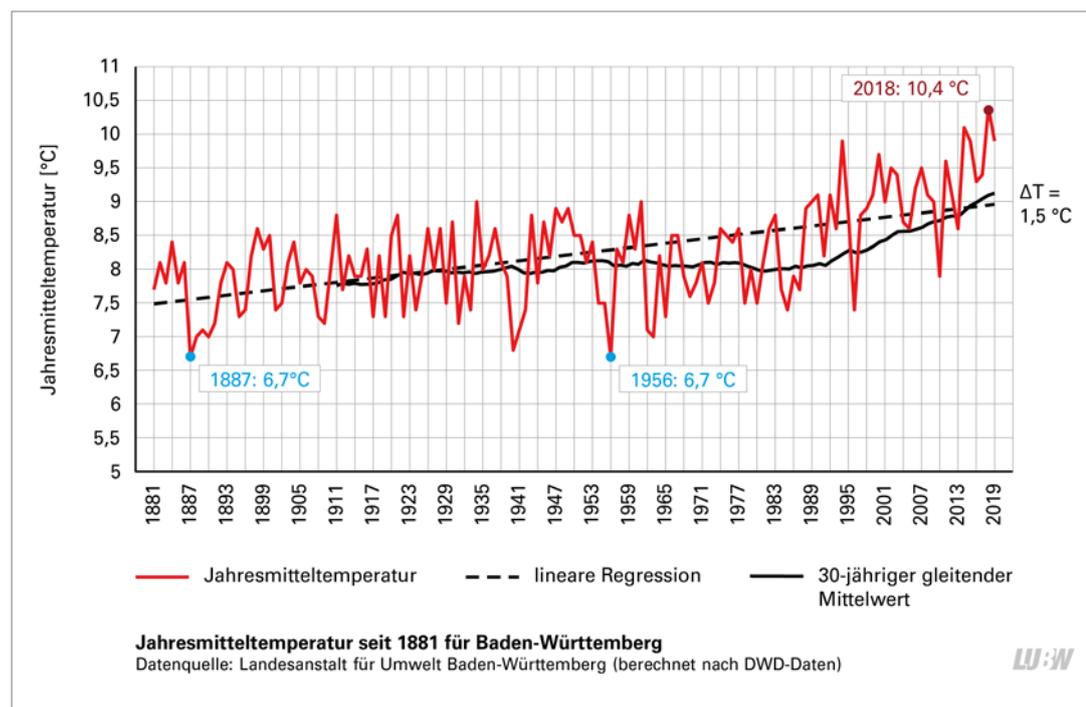
* Erläuterungen zu Extremereignissen siehe Glossar

Deshalb sind parallel zum notwendigen Klimaschutz auch geeignete Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen, um die unvermeidbaren Auswirkungen des Klimawandels abzumildern.

Temperaturanstieg in allen Regionen Baden-Württembergs

In allen Regionen Baden-Württembergs ist die Jahresmitteltemperatur seit Beginn der regelmäßigen Wetteraufzeichnungen 1881 deutlich angestiegen. Gemittelt über das ganze Land hat sie von 1881 bis 2019 um 1,5 °C zugenommen, während die globale Erwärmung in einem ähnlichen Zeitraum (1880–2017) etwa 1 °C betrug (IPCC 2018).

Seit der Jahrtausendwende ist das Temperaturniveau besonders hoch. Fast in jedem Jahr ab 2000 sind die Temperaturrekorde in Folge gebrochen worden. Zuletzt wurde 2018 mit





Kurz notiert:

- Die Temperaturen sind in allen Regionen Baden-Württembergs deutlich angestiegen.
- Seit Beginn der Aufzeichnungen 1881 bis ins Jahr 2019 hat die mittlere Jahrestemperatur in Baden-Württemberg um 1,5°C zugenommen.
- Besonders gravierend ist die Zunahme von mehr als 1°C in den letzten 30 Jahren, die in allen Regionen Baden-Württembergs zu beobachten ist.

10,4°C ein neuer Höchstwert der Jahresmitteltemperatur für Baden-Württemberg erreicht. Das vergangene Jahr 2019 zählt gemeinsam mit 2015 und 1994 und einer Durchschnittstemperatur von 9,9°C zu den drittwärmsten Jahren. Seit 2000 zählen bereits 16 Jahre zu den 20 wärmsten in Baden-Württemberg.

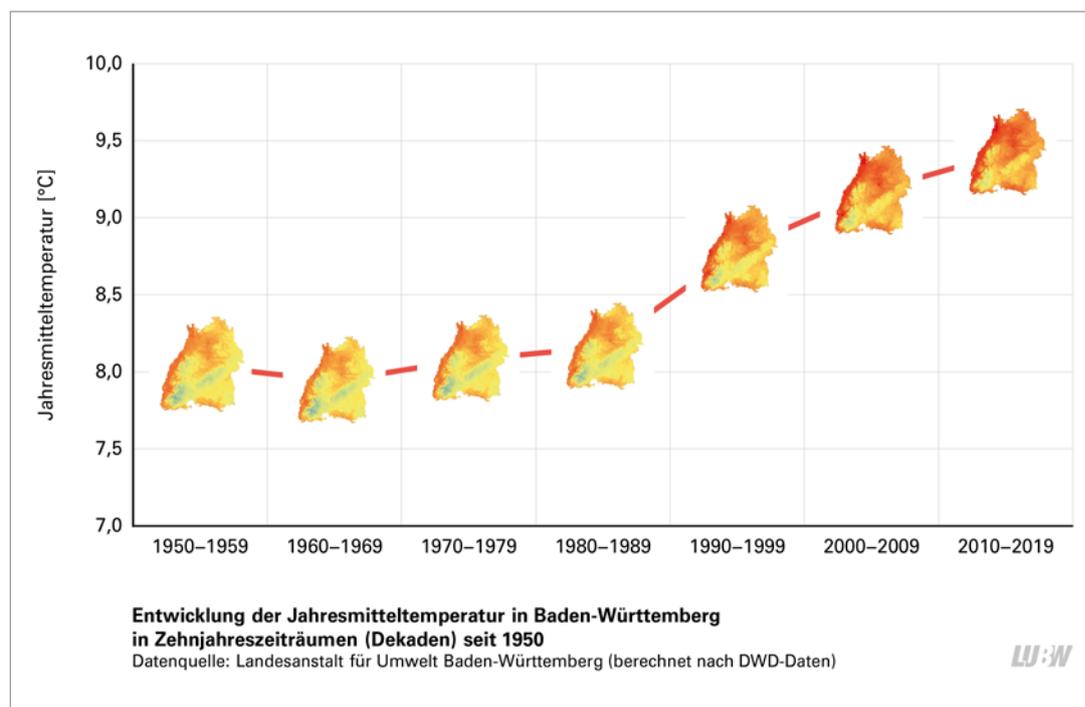
Betrachtet man den aktuellen Klimazeitraum, das heißt die letzten 30 Jahre (1990–2019), liegt die Mitteltemperatur für diesen Zeitraum bereits bei 9,1°C und damit um 1°C höher als im internationalen Vergleichszeitraum 1961–1990. Die Dynamik der Entwicklung und der regelrechte Temperatursprung wird bei Betrachtung der Zehnjahreszeiträume (Dekaden) der Jahresmitteltemperatur deutlich: Stieg die mittlere Temperatur bis in die 1980er-Jahre von 8°C auf 8,2°C nur mäßig an, so ist ab den 1990er-Jahren eine rapide, stetige Zunahme zu beobachten.

Hinsichtlich der Stärke des Anstiegs gibt es regionale Unterschiede. Gut zu erkennen ist, dass alle Regionen Baden-Württembergs von der Temperaturerhöhung betroffen

sind, es aber besonders im Oberrheingraben und der Rhein-Neckar-Region sowie in den Höhenlagen zusehends wärmer wird. Exemplarisch können die Temperaturwerte von sieben Messstationen, welche die sehr vielfältige Topografie Baden-Württembergs gut repräsentieren, zum Vergleich herangezogen werden.

In der Landeshauptstadt, an der Station Stuttgart-Echterdingen, kann mit knapp 2°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 2019 wurde eine Jahresmitteltemperatur von 10,8°C gemessen.

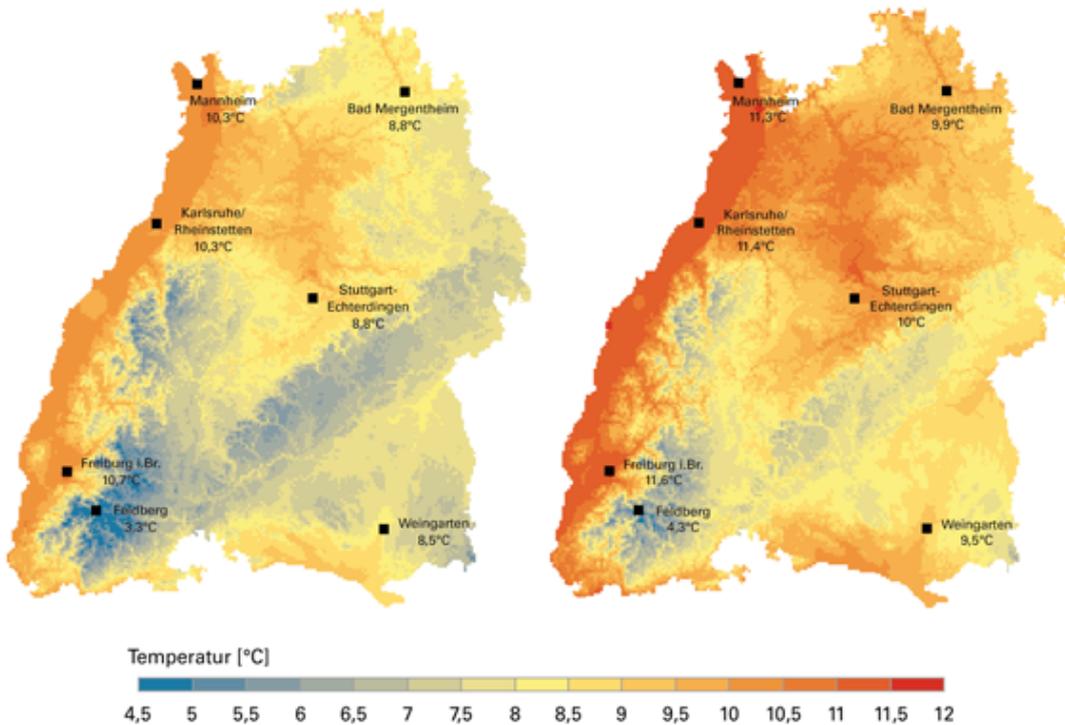
Bis zur Stationsverlegung im Jahr 2006 war Freiburg Spitzenreiter bei den Jahresmitteltemperaturen. Der Temperaturanstieg betrug hier im Zeitraum 1950 bis 2006 bereits 2°C. Auch das Temperaturmittel des Internationalen Vergleichszeitraums (1961–1990) von 10,7°C und das Maximum von 12,8°C im Jahr 2000 sind im Landesvergleich die höchsten.





Jahresmitteltemperatur im Zeitraum 1961–1990

Jahresmitteltemperatur im Zeitraum 1990–2019



Veränderung der Jahresmitteltemperatur

Vergleich der Zeiträume 1961–1990 und 1990–2019 (berechnet nach DWD-Daten)

Grundlage: DWD, LUBW

LUBW

Leider kann der enorme Temperaturanstieg nach 2006 aufgrund der Stationsverlegung aus der Stadt an den Flughafen Freiburgs nicht weiterverfolgt werden. Ein ähnliches Problem gibt es auch in Karlsruhe. Dort wurde im Jahr 2009 die Messstation aus der Stadt ins Umland nach Rheinstetten verlegt, wo die Temperaturen im Vergleich $0,5^{\circ}\text{C}$ geringer sind als an der ehemaligen Stadtstation. Dies zeigt, wie wichtig lange und konsistente Messreihen sind, um verlässliche Aussagen treffen zu können.

Der vergleichsweise größte Temperaturanstieg ist auf dem Feldberg zu verzeichnen. Hier nahm die Jahresmitteltemperatur seit den 1950er-Jahren um $1,7^{\circ}\text{C}$ zu. Bei einer relativ geringen Durchschnittstemperatur von $3,3^{\circ}\text{C}$ im Zeitraum 1961–1990 ist dieser Anstieg beachtlich. In 2018 konnte mit $5,7^{\circ}\text{C}$ sogar ein neuer Höchstwert der Jahresmitteltemperatur auf dem Feldberg ermittelt werden und auch

im Jahr 2019 lag die Temperatur im Durchschnitt über 5°C .

In den städtischen Siedlungsräumen kommt hinzu, dass die Temperaturen aufgrund des Hitzeinseleffektes durch die Siedlungsstrukturen noch viel höher sind als an den nicht von städtischen Einflüssen geprägten Messstationen des DWD. Im Sommer können die Temperaturunterschiede zwischen Innenstadt und Umland bis zu 6°C ausmachen (Zhou et al. 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.

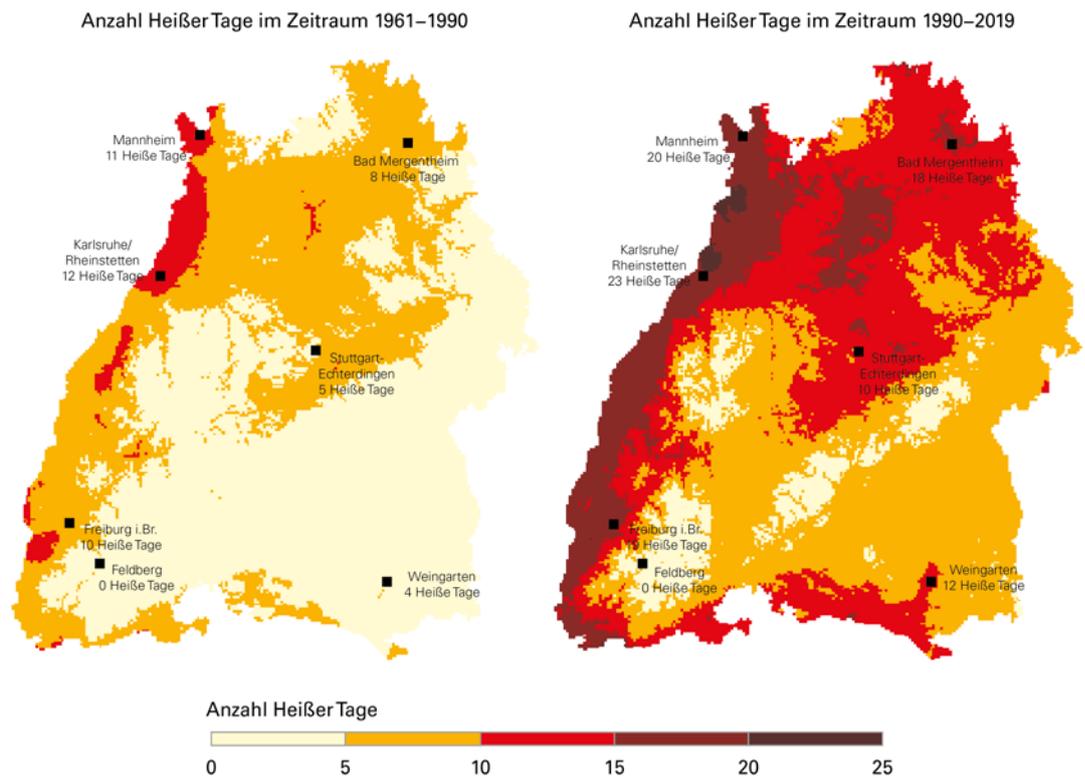
Es ist nicht nur wärmer, sondern auch heißer geworden

Die Auswertungen der langjährigen Mittelwerte für die Temperatur ermöglichen einen



Kurz notiert:

- Die Anzahl Heißer Tage hat sich verdoppelt. Sommertage sind um 45 % angestiegen.
- Eistage sind um 26 % und Frosttage um 11 % zurückgegangen.



Veränderung der Anzahl Heißer Tage
 Vergleich der Zeiträume 1961–1990 und 1990–2019 (berechnet nach DWD-Daten)
 Grundlage: DWD, LUBW



Tabelle 1: Vergleich der Mittel der Temperaturkentage für die Zeiträume 1961–1990 und 1990–2019, Landesdurchschnitt Baden-Württemberg (Datengrundlage DWD)

Kenntage	1961–1990	1990–2019	Änderung
Eistage ($T_{\max} < 0^\circ\text{C}$)	27	20	-26 %
Frosttage ($T_{\min} < 0^\circ\text{C}$)	102	91	-11 %
Heiße Tage ($T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$)	5	10	+100 %
Sommertage ($T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$)	31	45	+45 %





ersten Blick auf die generellen Entwicklungen. Diese Veränderungen sind aber schwer wahrnehmbar. Deutlich spürbarer sind beispielsweise Tage, an denen es sehr heiß oder sehr kalt ist, also Extremtemperaturereignisse.

Die Anzahl der Heißen Tage (Tage mit einer Höchsttemperatur $T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$) und der Sommertage ($T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$) ist in Baden-Württemberg sehr deutlich gestiegen, während Eistage ($T_{\max} < 0^\circ\text{C}$) und Frosttage ($T_{\min} < 0^\circ\text{C}$) seltener geworden sind. In den letzten 30 Jahren (1990–2019) hat sich die durchschnittliche Anzahl Heißen Tage im Vergleich zum internationalen Vergleichszeitraum (1961–1990) von 5 auf 10 Tage verdoppelt und die Sommertage sind von 31 auf 45 Tage im Mittel pro Jahr angestiegen. Dieser Trend bestätigt sich überall in Baden-Württemberg, auch wenn die Anzahl dieser Temperaturkennstage regional sehr unterschiedlich ist. In den letzten 30 Jahren hat sich die mittlere Anzahl Heißen Tage in allen Regionen in etwa verdoppelt. Im Zeitraum 1961–1990 gab es zum Beispiel in Karlsruhe/Rheinstetten durchschnittlich jährlich noch 12 Heiße Tage, während es 1990–

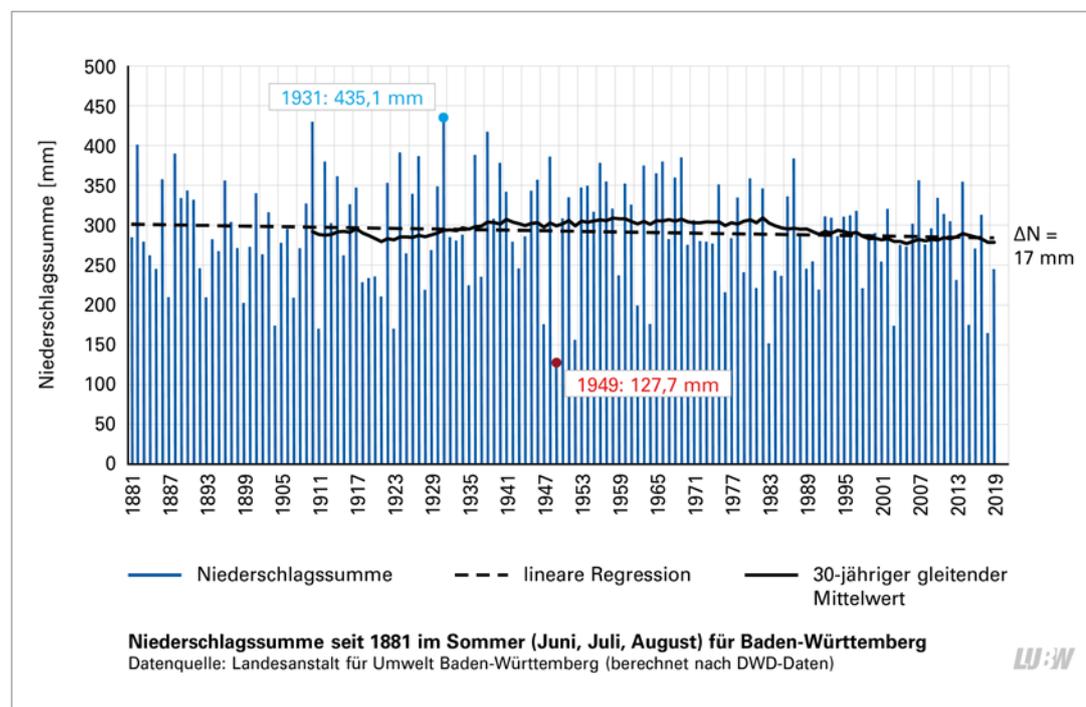
2019 schon 23 waren. Einzelne Jahre können gegenüber diesem Mittelwert deutlich extremer ausfallen. Beispielsweise lag die Temperatur im Sommer 2003 in Karlsruhe/Rheinstetten an 53 Tagen und in den letzten beiden Sommern an 37 (2018) sowie an 33 Tagen (2019) über 30°C .

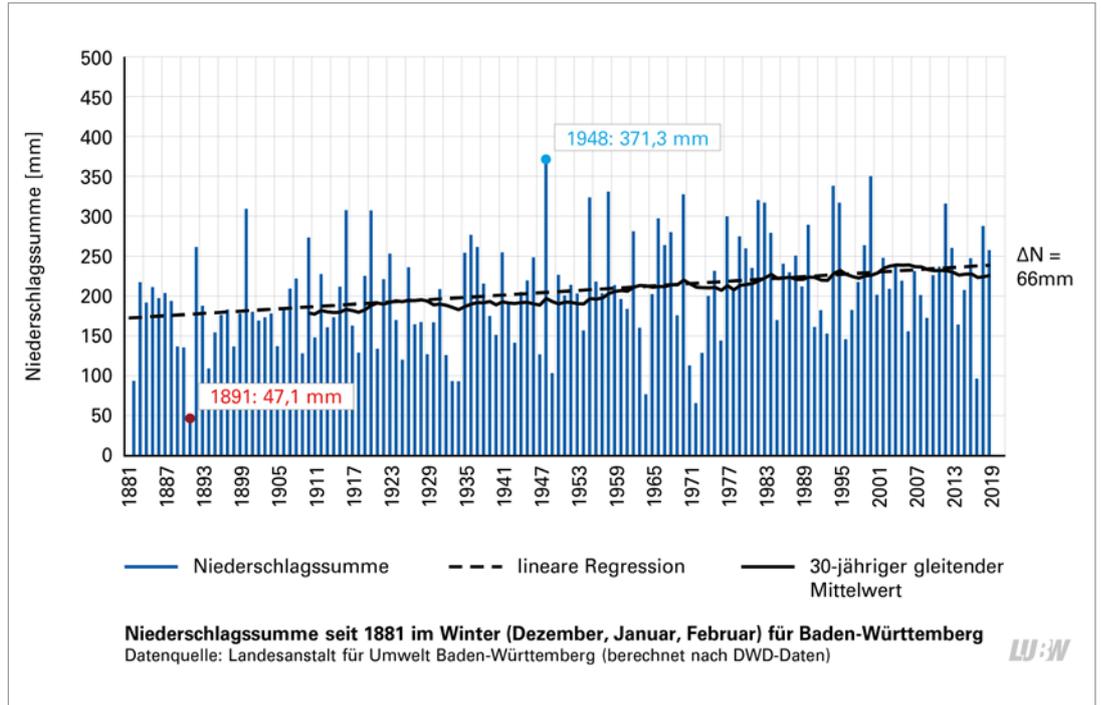
Gleiches gilt für die Anzahl von Sommertagen: Regional sind auch hier Unterschiede erkennbar, wobei die Anzahl der Sommertage in allen Regionen angestiegen ist. Kenntage wie Eis- und Frosttage, die Kälte anzeigen, nahmen hingegen überall in Baden-Württemberg ab. So sind die Eistage von gut 27 auf 20 Tage und die Frosttage von 102 auf 91 zurückgegangen.

Besonders spürbar sind diese Veränderungen in den Niederungen wie dem Oberrheingraben oder der Rhein-Neckar-Region, aber auch in den Höhenlagen wie dem Schwarzwald. In Karlsruhe/Rheinstetten sind die Sommertage beispielsweise von 53 im Zeitraum 1961–1990 auf 71 im Zeitraum 1990–2019 angestiegen und auf dem Feldberg gibt es bereits durchschnittlich pro Jahr 0,8 Sommertage; im Zeitraum 1961–1990 waren es noch 0,2.

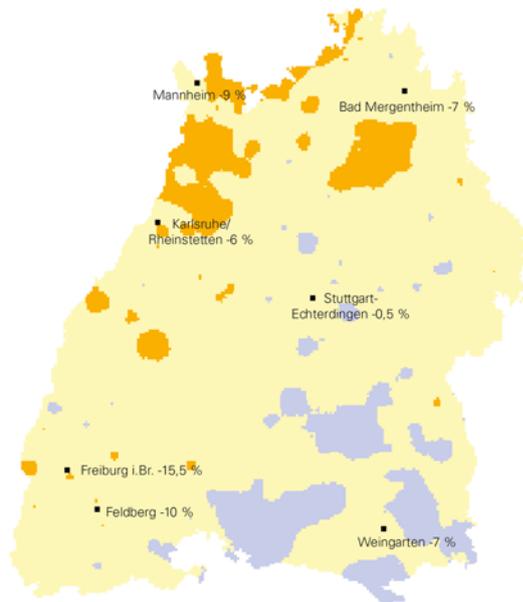
Kurz notiert:

- Die Gesamtjahresniederschläge haben statistisch signifikant zugenommen, die Schwankungen zwischen den Jahren sind aber sehr groß.
- Im langjährigen Vergleich sind die Winter signifikant feuchter und die Sommer eher trockener geworden. In jüngerer Zeit hat sich der Trend im Winter etwas abgeschwächt, die Abnahme im Sommer ist stärker geworden.
- Die Änderung der Niederschläge ist regional sehr heterogen. Landesweite Tendaussagen sind daher mit Vorsicht zu interpretieren.

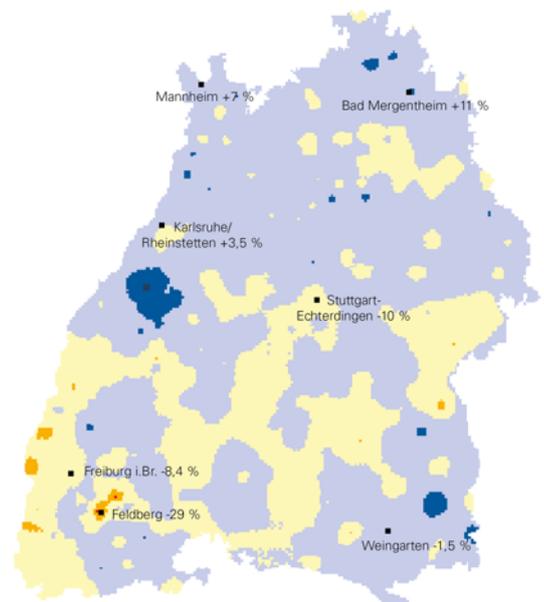




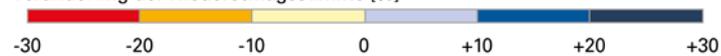
Prozentuale Veränderung des Sommerniederschlags



Prozentuale Veränderung des Winterniederschlags



Veränderung der Niederschlagssumme [%]



Veränderung der Niederschlagssummen im Sommer (Juni, Juli, August) und Winter (Dezember, Januar, Februar)
Vergleich 1990–2019 zu 1961–1990 (berechnet nach DWD-Daten)

Grundlage: DWD, LUBW





In 2018 war die Anzahl der Sommertage besonders hoch: Im Landesdurchschnitt gab es an rund 80 Tagen 25°C und mehr. Zusammen mit 2003 ist 2018 damit bisher Spitzenreiter bei den Sommertagen. Im Oberrheingraben in Karlsruhe/Rheinstetten waren es in 2018, ebenso wie in 2003, sogar 107 Sommertage. Es herrschten also fast an einem Drittel des Jahres sommerliche Temperaturen.

Rang zwei hinsichtlich der Sommertage teilt sich das vergangene Jahr 2019 mit 2017, 2015 und 2006, in denen es an durchschnittlich 55 Tagen über 25°C in Baden-Württemberg gab. Auf dem Feldberg war 2019 die Anzahl der Sommertage mit 5 sogar höher als in 2018, an dem es dort keinen Sommertag gab. Das Maximum mit 8 Sommertagen von 2003 wurde auf dem Feldberg jedoch nicht ganz erreicht.

Trockenere Sommer und feuchtere Winter

Im Gegensatz zur Temperatur lassen sich die Aussagen für den Niederschlag nicht generalisieren. Die Änderungen der Niederschlagssummen in Baden-Württemberg sind sowohl hinsichtlich der Jahreszeiten als auch regional sehr unterschiedlich.

In der Jahressumme hat der Niederschlag seit 1881 rein rechnerisch signifikant zugenommen (+9% bzw. +81 mm). Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Schwankungen zwischen den Jahren, das heißt die natürliche Variabilität, sehr viel größer ist als die Zunahme. Beispielsweise war 2018 mit einer Niederschlagssumme von nur 765 mm ein sehr trockenes Jahr, wohingegen es im Folgejahr 2019 mit 933 mm durchschnittlich viel regnete. Zudem ist seit der Jahrtausendwende eher ein Rückgang der Niederschlagssummen festzustellen: Fast die Hälfte der Jahre nach 2000 lag unter dem langjährigen Mittel von 940 mm (1881–2019).

Eine deutlichere Änderung zeigt sich bei den Winterniederschlägen, die ebenfalls seit Beginn der Wetteraufzeichnungen signifikant

um 32% (+66 mm) gestiegen sind. Die Sommer sind in Baden-Württemberg hingegen tendenziell trockener geworden (-6% bzw. -17 mm), dies jedoch nicht signifikant.

Baden-Württemberg zeichnet sich durch eine heterogene Topografie mit unterschiedlichen Natur- und Siedlungsräumen aus. Daher ergeben sich regionale Unterschiede in der räumlichen Niederschlagsverteilung. Diese regionalen Unterschiede kommen auch bei den prozentualen Veränderungen der Sommer- und Winterniederschläge zum Ausdruck, in denen die jeweilige Niederschlagssumme des Zeitraums 1990–2019 mit der des Zeitraums 1961–1990 verglichen wird.

In den meisten Regionen ist für diesen die letzten 60 Jahre umfassenden Zeitraum eine Abnahme im Sommer und eine Zunahme im Winter ersichtlich. Es gibt jedoch auch Bereiche, in denen die Entwicklung entgegen dieses allgemeinen Trends verlaufen ist. Die Veränderung der Sommerniederschläge zeigt dabei für die letzten 60 Jahre ein einheitlicheres Bild als diejenige der Winterniederschläge. Nur einzelne Regionen im Südosten des Landes (Voralpines Hügel- und Moorland) haben im Zeitraum 1990–2019 geringfügig mehr Sommerniederschläge zu verbuchen als im 30-Jahreszeitraum zuvor (1961–1990). Im Winter gibt es hingegen vor allem im südlichen Teil des Landes einige Bereiche, in denen es im Durchschnitt weniger geregnet hat. Dies ist zum Beispiel in der Rhein-Neckar-Region, der Schwäbischen Alb, dem südlichen Oberrheintiefland oder in den Höhenlagen des Südschwarzwaldes der Fall. An der Station Feldberg macht der Rückgang des Niederschlages im Sommer etwa 10% und im Winter rund 29% aus. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass auf dem Feldberg aufgrund des oftmals vorherrschenden starken Windes und winterlichen Schneefalls mit einer hohen Messungenauigkeit zu rechnen ist. Auch an den Stationen Freiburg und Stuttgart ist ein Rückgang des Niederschlages sowohl im Sommer als auch im Winter zu verzeichnen. Damit ist die Entwicklung im Winter in diesem

Kurz notiert:

- Niederschlagsextreme treten räumlich sehr unterschiedlich auf, sie lassen sich nur schwierig erfassen. Es lässt sich daher nicht eindeutig sagen, ob sie in der Vergangenheit häufiger geworden sind.
- KLIWA-Auswertungen für den Zeitraum 1931–2015 zeigen jedoch, dass die maximalen eintägigen Gebietsniederschläge teilweise signifikant zugenommen haben.



jüngeren Zeitraum gegenläufig zur langjährigen Entwicklung.

Es kann festgehalten werden, dass sich hinsichtlich des Niederschlages keine allgemeingültigen Aussagen zum Trend für alle Landesbereiche treffen lassen. Vielmehr ist eine regionale Betrachtung wichtig, da diese mitunter entgegen dem landesweiten Trend verlaufen kann. Zudem hat der betrachtete Zeitraum einen Einfluss auf die Aussage, ob der Niederschlag zurückgegangen ist oder zugenommen hat. In der Langzeitbetrachtung ab 1881/1882 haben die Winterniederschläge signifikant zu- und die Sommerniederschläge leicht abgenommen. In den letzten 60 Jahren ist hingegen eine deutlichere Abnahme des Sommerniederschlages und eine weniger starke Zunahme der Winterniederschläge zu beobachten. Ferner gibt es Regionen, in denen es sowohl im Sommer als auch im Winter weniger geregnet hat.

Haben Niederschlagsextreme zugenommen?

Niederschlagsextreme können entweder ein Zuviel an Niederschlägen bedeuten, zum Beispiel Starkregen, oder auch viel weniger Niederschlag als üblich, wie Trockentage oder Trockenperioden.

Eine Aussage insbesondere zur Entwicklung konvektiver Starkniederschläge in der Vergangenheit ist schwierig. Ihr meist sehr kleinräumiges Auftreten, die kurze Andauer und die Tatsache, dass diese Extremereignisse sehr selten auftreten, stellt die Messung sowie die statistische Auswertung vor Herausforderungen. Grundsätzlich erfolgen erst seit 2001 durch automatisierte Niederschlagsmessgeräte und spezielle Radarsysteme des DWD flächendeckende Niederschlagsmessungen zur Erfassung auch kleinräumiger kurzzeitiger Niederschläge (Nationaler Klimareport, DWD 2016).

Auswertungen der Kooperation KLIWA „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ der Länder Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz sowie des DWD zeigen, dass sowohl die Anzahl an Starkregentagen als auch die maximalen eintägigen Gebietsniederschläge in der Vergangenheit zugenommen haben, wobei dies im hydrologischen Winterhalbjahr eindeutiger ist als im Sommerhalbjahr.

Tage, an denen weniger als ein Millimeter Niederschlag fällt, werden als Trockentage bezeichnet. Aussagen zu Trockentagen und Dürreperioden gibt es kaum. An den in diesem Bericht betrachteten sieben Stationen haben diese jedoch tendenziell zugenommen.



Zukunftsperspektiven für das Klima in Baden-Württemberg

Wie und mit welcher Dynamik ändert sich das Klima in der Zukunft? Das sind die zentralen Fragen, wenn es darum geht, die zu erwartenden Folgen des Klimawandels abzuschätzen und rechtzeitig im Rahmen der Fortschreibung der Anpassungsstrategie geeignete Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen. Die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg hatte erstmals 2013 „Klimatische Leitplanken“ zur Beantwortung dieser Fragen durch die Auswertung zahlreicher regionaler Klimaprojektionen mit dem A1B-Emissionsszenario für Baden-Württemberg veröffentlicht. Mit dem 5. Sachstandsbericht des IPCC (2013) wurden neue Szenarien (RCP-Szenarien, Representative Concentration Pathways*) für die Entwicklung der Konzentration von klimarelevanten Treibhausgasen in der Atmosphäre bereitgestellt und in der Zwischenzeit auch neue regionale Klimamodelle mit einer besseren räumlichen Auflösung entwickelt. Vor diesem Hintergrund wurde eine Aktualisierung der Klimatischen Leitplanken für Baden-Württemberg vorgenommen.

Es gibt vier RCPs (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 und RCP8.5), die ähnlich den Vorgängerszenarien, den SRES-Szenarien, höhere oder weniger hohe zukünftige Entwicklungen der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre mit einer daraus resultierenden zusätzlichen „Energiezufuhr“ (Strahlungsantrieb) für das Klima bis 2100 abbilden. Im „Weiter-wie-bisher-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. Diese resultiert aus einem fortgesetzten Anstieg der Treibhausgasemissionen bis zum Ende des Jahrhunderts. Das „Klimaschutzszenario“ (RCP2.6), mit dem das 2°-Ziel erreicht werden

könnte, weist hingegen Emissionsspitzen zwischen 2010 bis 2020 auf und geht von einer anschließenden substanziellen Treibhausgasabnahme durch Klimaschutzmaßnahmen aus. Angesichts der aktuellen Emissionsentwicklung erscheint jedoch das RCP 2.6 lediglich mit erheblich umfangreicheren Anstrengungen auf allen Ebenen erreichbar zu sein. Die Klimaschutzmaßnahmen müssten drastisch gesteigert werden und eventuell wären sogar Geoengineeringmaßnahmen erforderlich, deren Machbarkeit und geoökologischen Auswirkungen derzeit nicht abschätzbar sind.

Die derzeitigen tatsächlichen Treibhausgasemissionen liegen mit rund 36,6 Gigatonnen Kohlendioxid pro Jahr (Global Carbon Project 2019) knapp unter den Annahmen des RCP8.5 und damit etwas über dem SRES-Emissionsszenario A1B für die Gegenwart. Aufgrund der aktuellen Entwicklung der Treibhausgasemissionen und im Sinne des Vorsorgeprinzips beschränken sich die Auswertungen im Rahmen dieses Berichts auf das RCP 8.5. Die Szenarien unterscheiden sich zumindest für die nahe Zukunft (2021–2050), worauf Anpassungsmaßnahmen in erster Linie ausgerichtet sind, nicht stark. Zudem zeigt das Szenario RCP 8.5, worauf man sich bei Fortsetzung der jetzigen Treibhausgasfreisetzung vorbereiten muss.

Mit Abschluss der Verbundprojekte EURO-CORDEX und ReKliEs-De Ende 2017 liegen umfangreiche Auswertungen regionaler Klimamodelle mit den RCP-Szenarien für Deutschland vor. Die räumliche Auflösung der Projektionen konnte dabei von 25 auf 12,5 Quadratkilometer verbessert werden. Zudem wurden alle Modelle einer Validierung unterzogen mit dem Ziel, ein geeignetes und möglichst bundesweit einheitliches Modellensemble** bzw. Referenzensemble zu be-

* Erläuterungen zu RCP-Szenarien siehe Glossar

** Erläuterungen zu Ensemble siehe Glossar



Kurz notiert:

- Der Trend des Temperaturanstiegs könnte sich laut den Modellrechnungen für das „Weiterwie-bisher-Szenario“ (RCP8.5) fortsetzen und verstärken.
- Es wird ein Temperaturanstieg gegenüber 1971–2000 von +0,8°C bis +1,8°C in der nahen und von +3°C bis +4,5°C in der fernen Zukunft erwartet.
- Sommertage, vor allem aber Heiße Tage könnten drastisch ansteigen.

stimmen. Das Ergebnis ist ein Ensemble aus zehn dynamischen Modellen für das RCP8.5, welches durch die LUBW für Baden-Württemberg ausgewertet wurde.

Die Auswertung des Ensembles wird als Bandbreite dargestellt, die jeweils das Minimum, den Median* und das Maximum der zehn Modelle für den jeweiligen Kennwert aufzeigt.

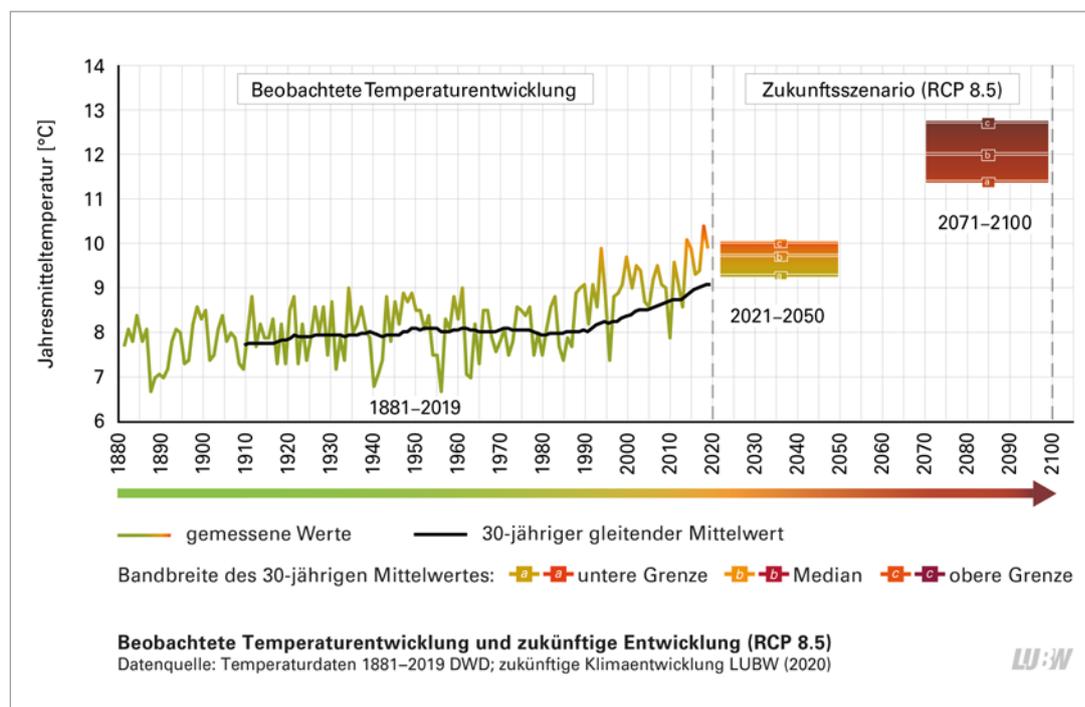
Zukünftige Entwicklung der Temperaturen

Für die nahe Zukunft (Zeitraum 2021–2050) zeigen die aktuellen Auswertungen der regionalen Klimamodelle durch die LUBW einen weiteren Temperaturanstieg. Die Bandbreite der Zunahme der Jahresmitteltemperatur reicht von +0,8°C bis +1,8°C gegenüber der Durchschnittstemperatur des Vergleichszeitraums 1971–2000. Ab Mitte des Jahrhunderts kann die Dynamik der Klimaveränderung noch zunehmen. Die Modelle erwarten für

die ferne Zukunft (2071–2100) einen Anstieg der Jahresmitteltemperatur von +3°C bis +4,5°C gegenüber 1971–2000. Damit ergibt sich eine Verschlechterung der Zukunftsaussichten für die ferne Zukunft gegenüber den bisherigen Einschätzungen von +3,6°C auf +4,5°C im extremsten Fall.

Zu beachten ist, dass diese zukünftigen Werte die Bandbreiten der Ergebnisse von zehn regionalen Klimamodellen des Szenarios RCP 8.5 für die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur über 30 Jahre im Zeitraum 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. Der generelle Trend ist ungeachtet dieser zwischenjährlichen Schwankung ein sehr deutlicher Temperaturanstieg bis Ende des 21. Jahrhunderts, sollten nicht ausreichende Klimaschutzmaßnahmen ergriffen werden.

* Erläuterung siehe Glossar





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

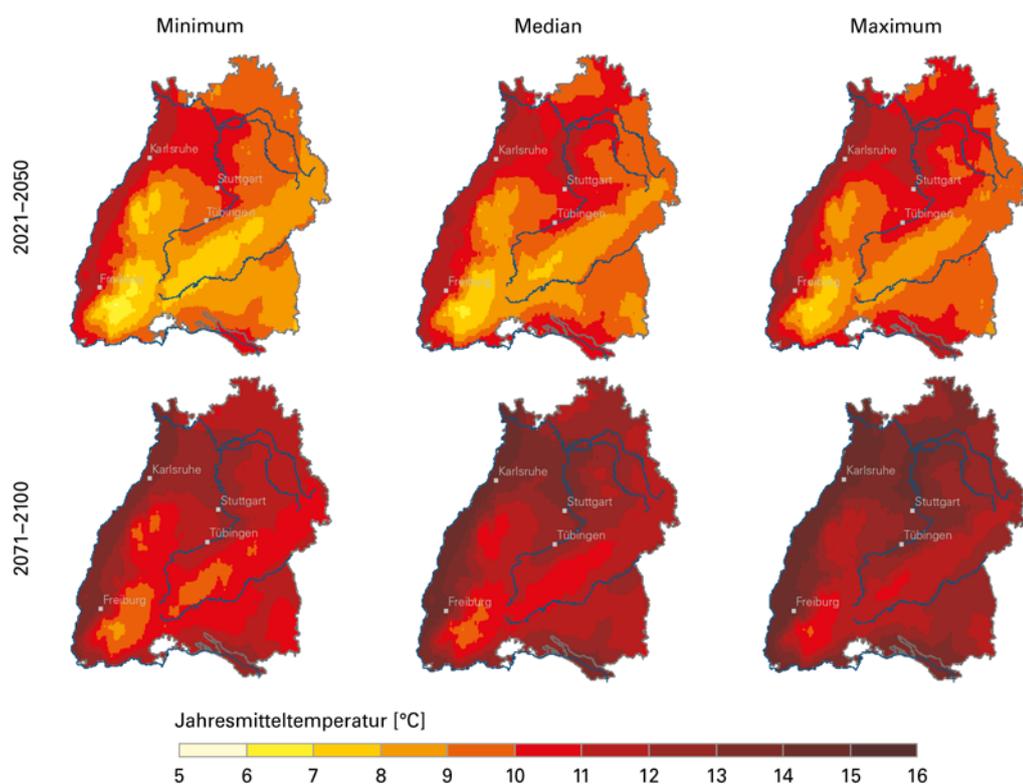
Die Entwicklung der Jahresmitteltemperatur für Baden-Württemberg veranschaulicht den generellen Trend der Klimaentwicklung. Der Klimawandel wird sich aber regional und lokal unterschiedlich ausprägen. Der Grund ist: Baden-Württemberg hat eine differenzierte Topografie mit ganz unterschiedlichen Natur- und Siedlungsräumen. Um dies deutlich zu machen, wurden die Ergebnisse der Klimaprojektionen (als Minimum, Median und Maximum) in Kartenform für die beiden Zeiträume nahe und ferne Zukunft dargestellt.

Vor allem der Rheingraben und der Rhein-Neckar-Raum, beides bereits heute im Vergleich warme Regionen, werden auch künftig im landesweiten Vergleich Spitzenreiter der Jahresmitteltemperatur sein. Die Modellberechnungen zeigen, dass im extremsten Fall

(Maximum) zum Ende des Jahrhunderts ein Jahr wie 2018, das heute als das wärmste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen in Baden-Württemberg gilt, hinsichtlich der Jahresmitteltemperatur nur noch ein unterdurchschnittliches Jahr sein wird.

Besonders gravierend wäre die enorme Temperaturzunahme in den Hochlagen. So könnten in der fernen Zukunft in den Hochlagen des Schwarzwaldes Temperaturen herrschen wie sie heute im Oberrheingraben oder der Rhein-Neckar-Region gemessen werden. Ein solcher Temperaturanstieg hätte zahlreiche negative Folgen, beispielsweise für die Gesundheit hitzeempfindlicher Bevölkerungsgruppen oder die Natur sowie die Land- und Forstwirtschaft.

Verbunden mit der Erwärmung werden auch Tage mit extrem hohen Temperaturen, wie Sommertage oder Heiße Tage, zunehmen. Die durchschnittliche Anzahl der Sommertage mit Temperaturen über 25°C könnte nach den

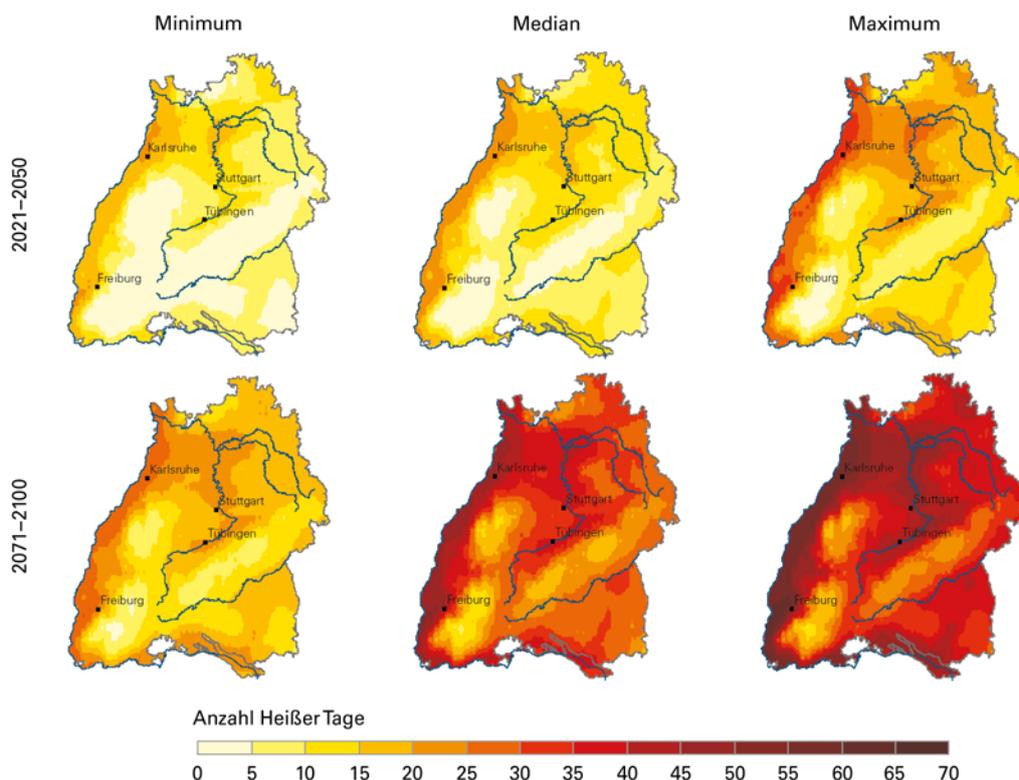


Jahresmitteltemperatur für die nahe (obere Reihe) und ferne (untere Reihe) Zukunft

Darstellung der Bandbreite für das Ensemble des Szenarios RCP 8.5

Datenquelle: Modelldaten ReKliEs-De, Auswertung und Darstellung LUBW (2020)

LU:W



Anzahl Heißer Tage für die nahe (obere Reihe) und ferne (untere Reihe) Zukunft
 Darstellung der Bandbreite für das Ensemble des Szenarios RCP 8.5
 Datenquelle: Modelldaten ReKlIEs-De, Auswertung und Darstellung LUBW (2020)

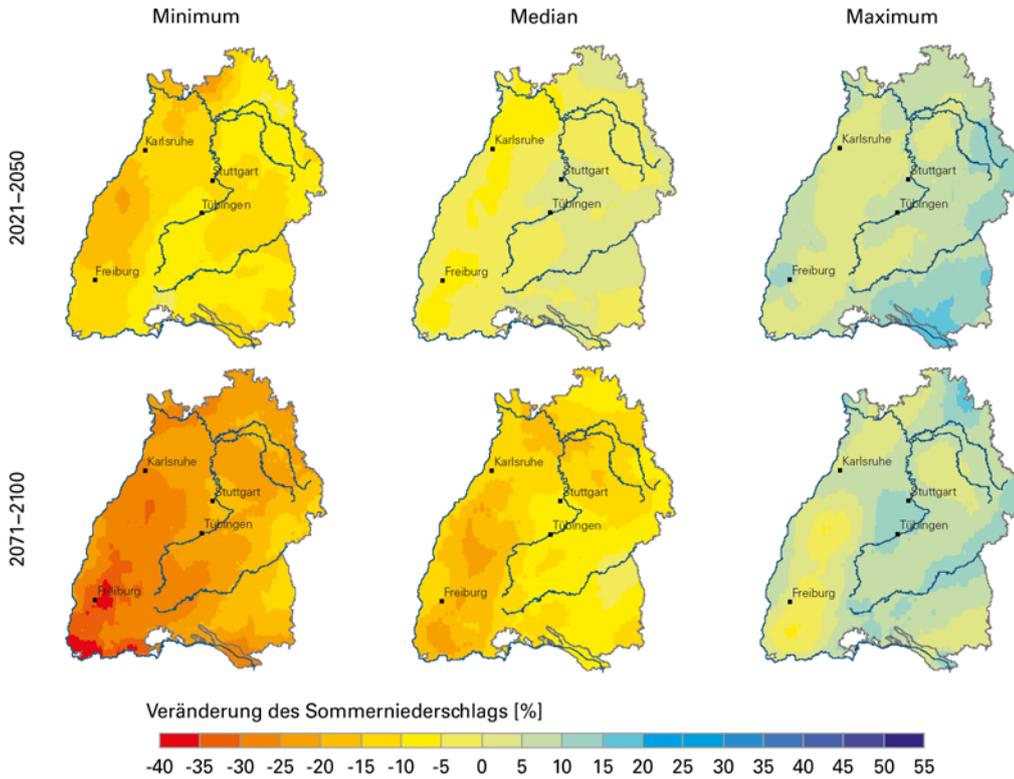
Computermodellen beispielsweise im Rhein-graben und Rhein-Neckar-Raum im extremsten Fall (Maximum) von derzeit etwa 70 auf über 100 Tage in der fernen Zukunft ansteigen. Mehr als die Hälfte davon könnten dann Heiße Tage mit Temperaturen über 30°C sein. Im Rheingraben in Karlsruhe kann das beispielsweise heißen, dass wir statt bisher pro Jahr durchschnittlich circa 16 Tage (1971–2000) in der nahen Zukunft circa 35 (2021–2050) und in der fernen Zukunft (2071–2100) bis über 50 Heiße Tage haben werden.

Zukünftige Entwicklung der Niederschläge

Am durchschnittlichen Jahresniederschlag von knapp 1.000 mm des Referenzzeitraums 1971–2000 wird sich nach den Modellrechnungen mit dem „Weiter-wie-bisher-Szenario“ künftig wenig ändern, wenn auch zum Ende des Jahrhunderts eine stärkere Zunahme zu erwarten ist. Allerdings ist es sehr wahrschein-

lich, dass sich die Niederschlagsverteilung innerhalb eines Jahres verändern wird. In der fernen Zukunft (2071–2100) zeigen fast alle Modelle eine Abnahme der Niederschläge im Sommer (-19,2% bis +4,8%) und eine generelle Zunahme der Winterniederschläge (+7,8% bis +24,9%). Damit könnte sich der Trend der Beobachtung weiter fortsetzen.

Aufgrund der stark differenzierten Topografie wird es auch hinsichtlich des Niederschlages regional Unterschiede geben. Der Oberrheingraben könnte beispielsweise in Zukunft im Sommer stärker von Trockenheit betroffen sein. Die Bandbreite des Ensembles reicht hier zum Ende des Jahrhunderts von -40% bis zu +10% gegenüber den Sommerniederschlägen im Zeitraum 1971–2000. Im Winter könnten die Niederschläge hingegen, vor allem in der fernen Zukunft, sehr wahrscheinlich ansteigen. Es gibt aber auch Modelle, die für einige Regionen eine leichte Abnahme zeigen.



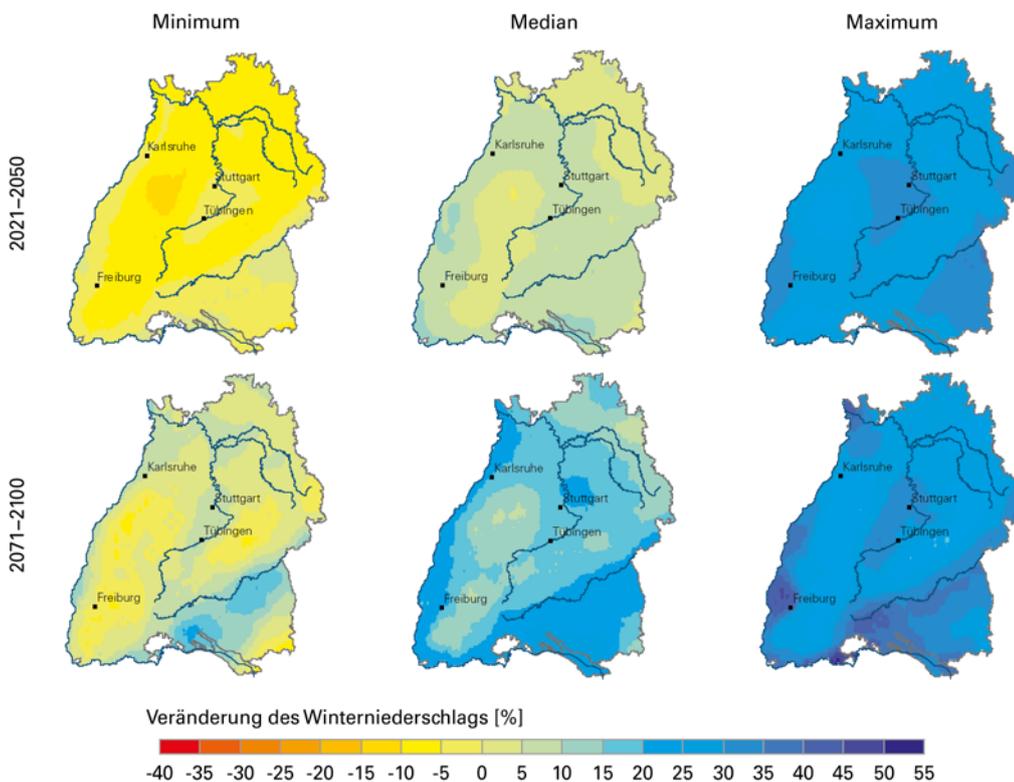
Veränderung des Sommerniederschlags in Prozent für die nahe (obere Reihe) und ferne (untere Reihe) Zukunft relativ zu 1971–2000, Darstellung der Bandbreite für das Ensemble des Szenarios RCP 8.5

Datenquelle: Modelldaten ReKliEs-De, Auswertung und Darstellung LUBW (2020)



Kurz notiert:

- Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich die Niederschlagsverteilung innerhalb eines Jahres verändern wird.
- In der fernen Zukunft (2071–2100) zeigen fast alle Modelle eine Abnahme der Niederschläge im Sommer (-19,2 % bis +4,8 %) und eine generelle Zunahme der Winter-niederschläge (+7,8 % bis +24,9 %).
- Die Folge könnten dann häufigere trockenere, heiße Sommer und milde, nasse Winter sein.



Veränderung des Winterniederschlags in Prozent für die nahe (obere Reihe) und ferne (untere Reihe) Zukunft relativ zu 1971–2000, Darstellung der Bandbreite für das Ensemble des Szenarios RCP 8.5

Datenquelle: Modelldaten ReKliEs-De, Auswertung und Darstellung LUBW (2020)





Zukünftige Entwicklung typischer Klimakennwerte (Flächenmittelwerte) für Baden-Württemberg aus Modellrechnungen für das Ensemble des Szenarios RCP 8.5

Klimakennwert	Referenzzeitraum 1971–2000	Klimasignal nahe Zukunft 2021–2050			Klimasignal ferne Zukunft 2071–2100		
		Minimum	Mittel	Maximum	Minimum	Mittel	Maximum
Jahresmitteltemperatur [°C]	8,4	+0,8	+1,4	+1,8	+3,0	+3,8	+4,5
Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) [Anzahl]	32,7	+9,0	+12,7	+24,2	+12,5	+41,5	+54,5
Heiße Tage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) [Anzahl]	5,3	+3,2	+5,3	+11,7	+11,7	+24,4	+32,5
Frosttage ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$) [Anzahl]	98,5	-37,2	-26,6	-12,3	-71,3	-58,4	-44,2
Eistage ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$) [Anzahl]	23,3	-14,7	-10,2	-3,5	-22,5	-19,5	-15,3
Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) [Anzahl]	0,1	+0,2	+0,9	+2,1	+5,2	+9,9	+17,5
Jahresniederschlag [mm]	1.000	-4,5 %	+4,7 %	+7,8 %	-4,6 %	+3,3 %	+1,4 %
Sommerniederschlag [mm]	299	-9,6 %	-1,4 %	+3,1 %	-19,2 %	-14,7 %	+4,8 %
Winterniederschlag [mm]	225	-3,1 %	+5,7 %	+27,1 %	+7,8 %	+18,5 %	+24,9 %
Niederschlag hydrologischer Sommer [mm]	553	-5,0 %	+0,9 %	+11,1 %	-14,3 %	-2,8 %	+6,8 %
Niederschlag hydrologischer Winter [mm]	448	-3,7 %	+6,1 %	+15,9 %	+7,9 %	+15,9 %	+20,9 %
Tage mit Starkniederschlag [Anzahl]	8,1	0	+1,0	+1,7	+1,0	+2,2	+2,8





Klimafolgen und Anpassung in den Handlungsfeldern





INDIKATOREN ZU KLIMAWANDELFOLGEN UND ANPASSUNG

Die im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Klimaveränderungen haben Folgewirkungen für die Natur und die Gesellschaft. Die Wirkungen, die sich in der Vergangenheit abzeichnen bzw. aktuell beobachten lassen, quantitativ zu beschreiben, ist Ziel dieses Berichtskapitels. Anhand von 35 Impact-Indikatoren lassen sich Ausmaß und Dynamik des Klimawandels in den neun Handlungsfeldern der Anpassungsstrategie Baden-Württemberg aufzeigen. Das Spektrum von Anpassungsmaßnahmen ist sehr breit. Beispielhaft dokumentieren 22 Response-Indikatoren die Umsetzung von Maßnahmen, die zur Anpassung ergriffen wurden, sowie Aktivitäten, die zwar nicht speziell durch die Klimawandelanpassung motiviert sind, aber den Anpassungsprozess unterstützen können. Nicht alle Umsetzungsmaßnahmen lassen sich anhand von Datensätzen als Response-Indikatoren beschreiben. Die hier aufgeführten Indikatoren entsprechen daher nicht 1:1 den Maßnahmen der Anpassungsstrategie. Die Umsetzung der Maßnahmen der Anpassungsstrategie finden sich in diesem Bericht im Kapitel „Umsetzung der Anpassungsstrategie“.

Grundsätzlich wurde angestrebt, die neun Handlungsfelder mit rund sechs Indikatoren gleichmäßig abzudecken. Für den ersten Monitoringbericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg – Klimafolgen und Anpassung

– war bei der Prüfung der Indikatoren und der Datenverfügbarkeit festgestellt worden, dass nicht für alle Handlungsfelder ausreichend Daten zur Verfügung stehen. Bei der Weiterentwicklung des Indikatorensets für den zweiten Bericht sind weitere Datenquellen erschlossen und neue Indikatoren für alle Handlungsfelder mit Ausnahme von Naturschutz und Biodiversität ausgearbeitet worden. Dadurch konnte die Abdeckung der Handlungsfelder durch das Indikatorenset weiter verbessert werden. Zwar verfügen die Handlungsfelder Boden sowie Naturschutz und Biodiversität noch nicht über ausreichend quantitative Indikatoren. Die anderen Handlungsfelder, insbesondere Landwirtschaft, Wald und Forstwirtschaft sowie Wasserhaushalt, sind aber gut aufgestellt. Die Indikatoren werden ausschließlich aus bereits vorhandenen Datensätzen generiert. 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 behördlichen Daten. Im Folgenden werden die jeweiligen Indikatoren in den einzelnen Handlungsfeldern näher beschrieben und erläutert. Dabei ist zu beachten, dass nicht alle in der nachfolgenden Tabelle aufgelisteten Indikatoren beschrieben werden. Nur solche, die hinsichtlich ihrer Daten fortgeschrieben wurden, die neu hinzugekommen sind oder eine besondere Bedeutung haben, werden in den einzelnen Handlungsfeldern dargestellt.

Indikatoren für die Handlungsfelder

I = Impact-Indikator | R = Response-Indikator

Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft		
I-FW-1	Gefährdete Fichtenbestände	S. 34 (Kurzfassung)
I-FW-2	Holzzuwachs	S. 35 (Kurzfassung)
I-FW-3	Schadholzaufkommen nach Schadensursachen	S. 36
I-FW-4	Befallsflächen durch Borkenkäfer	S. 38
I-FW-5	Waldbrandgefährdung und Waldbrand	S. 40
R-FW-1	Mischbestände	nicht dargestellt
R-FW-2	Förderung und Finanzierung des Waldumbaus	S. 42
R-FW-3	Laubbaumanteil in der Verjüngung	S. 44
R-FW-4	Anpassungsspezifische Aus- und Fortbildung	S. 46
R-FW-5	Zweckgebundene Rücklagen zur Risikominimierung	S. 48
R-FW-6	Erhaltung forstgenetischer Ressourcen	S. 50



Handlungsfeld Landwirtschaft		
I-LW-1	Blüte von Wintererbsen	S. 54
I-LW-2	Ertragsschwankungen	S. 56
I-LW-3	Qualität von Ernteprodukten	S. 58
I-LW-4	Schaderregerbefall	S. 60
R-LW-1	Anbau wärmeliebender Ackerkulturen	S. 62
R-LW-2	Anbau wärmeliebender Sorten	S. 64
R-LW-3	Fruchtartendiversifizierung	S. 66
R-LW-4	Landwirtschaftliche Beregnung	S. 68
R-LW-5	Versicherung landwirtschaftlicher Ertragsausfälle	S. 70
Handlungsfeld Boden		
I-BO-1	Bodenwasservorrat	S. 74
I-BO-2	Regenwurmfauna	S. 76
R-BO-1	Bodenpflegende Landbewirtschaftung	S. 78
Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität		
I-NA-1	Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten	S. 82
I-NA-2	Ausbreitung wärmeliebender Insektenarten	S. 84
I-NA-3	Flechten als Klimawandelindikatoren	S. 86
Handlungsfeld Wasserhaushalt		
I-WH-1	Grundwasserstand und Quellschüttung	S. 90
I-WH-2	Mittlere Abflusshöhe	S. 92
I-WH-3	Hochwasserabfluss	S. 94
I-WH-4	Niedrigwasserabfluss	S. 96
I-WH-5	Wassertemperatur von Seen	S. 98
I-WH-6	Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser und Phosphorkonzentrationen des Bodensees	S. 100
R-WH-1	Gewässerstruktur	nicht dargestellt
R-WH-2	Uferbewuchs von kleinen und mittelgroßen Gewässern	S. 102
R-WH-3	Investitionen für einen verbesserten Hochwasserschutz	S. 104
Handlungsfeld Tourismus		
I-TO-1	Tage mit Touristenklima	S. 108
I-TO-2	Saisonalität von Übernachtungen	S. 110
I-TO-3	Schneedecke für den Wintersport	S. 112
I-TO-4	Übernachtungen in Wintersportorten	S. 114
R-TO-1	Nachhaltige Reiseziele	S. 116
Handlungsfeld Gesundheit		
I-GE-1	Hitzebelastung	S. 120
I-GE-2	Wärmebedingte Sterbefälle	S. 122
I-GE-3	Überträger von Krankheitserregern	S. 124
I-GE-4	Ambrosiavorkommen	S. 126
R-GE-1	Bekämpfungsaktivitäten Ambrosia	S. 128
Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung		
I-SR-1	Gebäudeschäden durch Sturm und Hagel	S. 132
I-SR-2	Elementarschäden an Gebäuden	S. 134
I-SR-3	Wärmebelastung in Städten	S. 136
I-SR-4	Kühlgradtage	nicht dargestellt
R-SR-1	Anteil der Erholungs- und Friedhofsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche im Vergleich zum Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Bodenfläche in Großstädten	S. 138
R-SR-2	Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsfläche	S. 140
R-SR-3	Anzahl von Städten und Kommunen mit Klimaanpassungsplänen oder weiteren Anpassungsaktivitäten (KLIMOPASS)	S. 142
Handlungsfeld Wirtschaft und Energiewirtschaft		
I-WE-1	Schiffbarkeit von Binnenschiffahrtsstraßen	S. 146
I-WE-2	Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung	S. 148
I-WE-3	Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung	S. 149
R-WE-1	Wasserverwendung der Wirtschaft	S. 150
R-WE-2	Wärmeeinleitung von thermischen Kraftwerken	S. 152





Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft

INDIKATOREN

I-FW-1: Gefährdete Fichtenbestände

I-FW-2: Holzzuwachs

I-FW-3: Schadholzaufkommen nach Schadensursachen

I-FW-4: Befallsflächen durch Borkenkäfer

I-FW-5: Waldbrandgefährdung und Waldbrand

R-FW-1: Mischbestände

R-FW-2: Förderung und Finanzierung des Waldumbaus

R-FW-3: Laubbaumanteil in der Verjüngung

R-FW-4: Anpassungsspezifische Aus- und Fortbildung

R-FW-5: Zweckgebundene Rücklagen zur Risikominimierung

R-FW-6: Erhaltung forstgenetischer Ressourcen



Baden-Württemberg ist eines der walddreieichsten Bundesländer Deutschlands. Auf rund 1,4 Millionen Hektar Fläche steht Wald. Der Waldanteil beträgt 38% der Landesfläche. Der Wald besteht zu gleichen Teilen aus Nadel- und Laubbäumen. Knapp ein Viertel der Waldfläche wird als Staatswald von der Anstalt öffentlichen Rechts Forst Baden-Württemberg (ForstBW AÖR) nach dem Konzept der „Naturnahen Waldwirtschaft“ bewirtschaftet. Rund 40% des Waldes sind im Besitz der Kommunen, rund 36% in privater Hand. Für den Privat- und Kommunalwald bietet die Landesforstverwaltung Förder- und Beratungsangebote sowie Betreuungsleistungen an.

Holz aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern ist in Baden-Württemberg der wichtigste nachwachsende Rohstoff. In den letzten Jahren wurden jährlich rund 9 Millionen Kubikmeter Holz geerntet. In der Forstwirtschaft wird in Baden-Württemberg ein Jahresumsatz von 31 Milliarden Euro erzielt. Drei Viertel des eingeschlagenen Holzes bleiben im Land und werden hier weiter genutzt und verarbeitet. Die Forstwirtschaft ist vor allem im ländlichen Raum ein wichtiger Wirtschaftsfaktor.

Der Wald erfüllt neben der nachhaltigen Produktion von Holz- und Nichtholzprodukten auch viele wichtige ökologische und gesellschaftliche Funktionen. Er beherbergt Pflanzen und Tiere, schützt Wasser und Boden, ist Quelle für Frischluft, bereichert das Landschaftsbild und dient nicht zuletzt den Zielen des Klimaschutzes und der Klimawandelanpassung. Außerdem ist der Wald als Erholungsraum für die Bevölkerung wichtig. Dies gilt umso mehr in Zeiten des Klimawandels, denn der Wald zeichnet sich durch ein ausgeglichenes und eher kühles Innenklima aus.

Wälder sind sehr langlebige Ökosysteme, die sich an die Folgen des Klimawandels anpassen müssen. Aufgrund der hohen Geschwindigkeit und des Ausmaßes, in dem sich der Klimawandel vollzieht, gehen Expertinnen und Experten davon aus, dass die Wälder in ihrer jetzigen Form nicht mehr schnell genug auf die verän-

derten Rahmenbedingungen reagieren können. Aus diesem Grund ist es erforderlich, aktiv steuernd in das System einzugreifen. Wo notwendig, sind klimastabile und standortgerechte Baumarten aktiv einzubringen sowie die Zusammensetzung der Wälder gezielt zu steuern.

Die extrem trockenen Jahre 2018 und 2019 haben große Dürre- und Käferschäden in den Wäldern angerichtet. Die Herausforderungen für die Schadensbeseitigung, die Wiederaufforstung und den klimaangepassten Waldbau sind immens. Mit der „Moritzburger Erklärung“, einem Masterplan für Deutschlands Wälder, haben sich die Forstministerinnen und -minister aus Baden-Württemberg, Bayern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Sachsen mit dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft im August 2019 auf Sofortmaßnahmen für den Wald in Höhe von 547 Millionen Euro in den kommenden vier Jahren verständigt.

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 mit ihren vielfältigen Funktionen zu erhalten.

Mit der Fortschreibung des Monitoringberichts konnten für das Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft zusätzliche Indikatoren in die Berichterstattung aufgenommen werden. Der neue Indikator zur Erhaltung forstgenetischer Ressourcen berücksichtigt, dass die genetische Diversität eine wichtige Grundlage zur Klimawandelanpassung ist. Der „Laubbaumanteil in der Verjüngung“ ersetzt in diesem Bericht den Indikator zu den Mischbeständen, der wie die Indikatoren „Gefährdete Fichtenbestände“ und „Holzzuwachs“ erst mit Vorliegen der Daten der neuen Bundeswaldinventur 2022 aktualisiert werden kann. Eine ausführliche Beschreibung dieser Indikatoren findet sich im letzten Bericht. Die beiden Letztgenannten werden wegen ihrer großen Bedeutung in diesem Bericht zudem in verkürzter Form dargestellt.



Risiko für die Fichte steigt

Bäume gehören zu den langlebigsten Pflanzen in Mitteleuropa. Erst im Alter von rund 100 Jahren (Fichte) oder 140–160 Jahren (Buche) haben sie das Nutzungsalter erreicht. Das bedeutet, dass bereits heute Baumarten in unseren Wäldern etabliert werden müssen,

die mit den künftigen Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen zurechtkommen.

Die Fichte wurde ab dem Ende des 18. Jahrhunderts unter anderem wegen ihrer hohen Wuchskraft in großem Umfang in die Wälder eingebracht, auch auf Standorten, die ihren Ansprüchen an eher kühle und feuchte Bedingungen nicht entsprechen. Heute sind 34% des Gesamtwaldes mit Fichte bestockt. Mit dem Klimawandel steigt das Anbaurisiko vor allem auf Standorten, die sich heute ohnehin bereits an der Wärme- und Trockenheitsgrenze des Fichtenanbaus befinden. Weitere bislang noch als ertragreich geltende Anbaubereiche können sich in Zukunft als kritisch erweisen.

Daten der letzten Bundeswaldinventur von 2012 zeigten, dass das Anbaurisiko für den Fichtenbestand deutlich gestiegen ist. Unterlagen 1987 noch knapp 6% der Fichtenbestände einem sehr hohen bis hohen Risiko, so waren es 2012 bereits über 9%. Im Gegenzug ist der Anteil der Bestände mit sehr geringem und geringem Risiko von 80% im Jahre 1987 auf gut 61% gesunken.

Der Anstieg von Risikobeständen ergibt sich trotz des fortschreitenden Waldumbaus und der Sturm- und Käferschäden sowie der damit verbundenen Reduzierung der Fichte. Daraus ergibt sich dringender Handlungsbedarf für den weiteren Waldumbau und dessen Konzentration auf Fichtenbestände der höchsten Gefahrenstufe. Schwerpunkträume stark gefährdeter Fichtenflächen sind alle Tieflagen, in denen hohe Temperaturen mit geringen Niederschlägen zusammentreffen. Dies betrifft beispielsweise das gesamte Rheintal, den Kraichgau und die unteren Hanglagen der Mittelgebirge.



Holzzuwächse gehen zurück

Der Klimawandel hat auch Auswirkungen auf den Holz- bzw. Biomassezuwachs der Waldbäume und damit auf die forstlichen Erträge. Bei höheren Temperaturen steigt der Zuwachs vor allem auf ehemals kälte-limitierten Standorten, während es auf anderen Standorten zu heiß und zu trocken werden kann. Auch Stürme oder erhöhter Schädlingsbefall führen zum Rückgang der Holzzuwächse.

Insbesondere bei Buche, Kiefer und Fichte sind die im Beobachtungszeitraum 2002–2012 erzielten Holzzuwächse gegenüber dem vorangegangenen Zeitraum 1987–2002 rückläufig.

Für den Gesamtwuchs der Wälder ist die Baumartenzusammensetzung entscheidend. Zwangsläufig ergibt sich mit der Verschiebung zu einem höheren Laubbaumanteil ein Rückgang der Volumenzuwächse, da Laubbäume generell weniger zuwachsstark sind. Zudem spielt die Altersstruktur eine große Rolle, denn mit zunehmendem Baumalter nehmen die Zuwächse ab. Der Zuwachsrückgang in der Periode 2002–2012 liegt folglich auch daran, dass die Bestände durchschnittlich älter waren als im vorangegangenen Beobachtungszeitraum.

Anhand der bisherigen Zeitreihe lässt sich die Entwicklung noch nicht bewerten. Aktuellere Daten, die auch die Effekte durch die besonders trockenen Jahre 2015, 2018 und 2019 beinhalten, werden erst mit der nächsten Bundeswaldinventur 2022 vorliegen.

Kurz notiert:

- Immer größere Flächen sind für Fichten ungeeignet geworden.
- Die Volumenzuwächse sind zurückgegangen, der Beobachtungszeitraum ist für eine Bewertung aber noch zu kurz.
- Erst die Daten der nächsten Waldinventur in 2022 werden die Effekte der vergangenen Trockenjahre sichtbar machen.



QUERVERWEISE:

- ▶ I-FW-4: Befall durch Borkenkäfer
- ▶ R-FW-1: Mischbestände
- ▶ I-FW-3: Schadholzaufkommen nach Schadensursachen



Witterungsextreme liefern Schadholz

Müssen Bäume infolge von Stürmen, Dürre-, Pilz- sowie Insektenschäden oder sonstigen zufälligen Nutzungen frühzeitig und nicht planmäßig geerntet werden, erleiden Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer erhebliche finanzielle Verluste. Besonders bei großflächig auftretenden Schadereignissen und einem dadurch hohen Schadholzaufkommen sinken die Preise am Holzmarkt. Zudem ist

die Holzqualität aus solch geschädigten Beständen deutlich schlechter.

Der Klimawandel erhöht das Risiko zufälliger Nutzungen, da die Bäume durch Trockenheit oder Hitze anfälliger für Schäden durch Stürme, Pilz- oder Insektenbefall sind. Dieses Risiko ist den Waldbesitzenden und Waldbewirtschaftenden bewusst. Große Schadereignisse, die es in der Vergangenheit immer wieder gegeben hat, sind jedoch nicht absehbar. Glücklicherweise waren überregionale Ereignisse wie der Sturm „Lothar“ oder die Trockenheit im Jahr 2018 bisher aber eher selten.

Mit Blick auf die zurückliegenden Jahrzehnte wird deutlich, dass vor allem Stürme die Entwicklung stark geprägt haben. Die bisher höchsten Anteile zufälliger Nutzungen sind auf die Orkane Vivian und Wiebke Ende Februar 1990 sowie Lothar Ende Dezember 1999 zurückzuführen. Die dadurch entstandenen Schäden waren enorm. Sturmschäden treten schwerpunktmäßig in höheren Lagen wie dem Schwarzwald oder 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.

Selbst Jahre nach dem Ereignis wirken die Folgen großer Stürme noch nach, denn die geschädigten Bestände bieten Waldschädlingen ideale Ausgangsbedingungen. Im Falle von Lothar schlugen sich die Sturmfolgen bis in das Jahr 2003 in der Statistik nieder.

Noch lässt sich kein enger Zusammenhang zwischen Klimawandel und vermehrtem Auftreten starker Stürme nachweisen. Szenarien zur zukünftigen Entwicklung von Sturmhäufigkeiten und -intensitäten sind noch mit großen Unsicherheiten behaftet. Sicher ist jedoch, dass ähnlich schwere Stürme wie Lothar auch in Zukunft auftreten werden.





HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

Die bis Mitte der 1980er-Jahre hohen Anteile der „sonstigen zufälligen Nutzungen“ sind vor allem durch Schnee-, Duft- oder Eisbruch bedingt. Dies liegt daran, dass die früher in einem engen Pflanzverband gepflanzten bzw. erzeugten Bäume weniger stabil waren und leichter infolge von Schnee, Raureif oder Eis gebrochen wurden. Teilweise sind dadurch ganze Bestände geschädigt worden. Die Schäden häufen sich in den höheren Lagen sowie an Hängen und in Mulden.

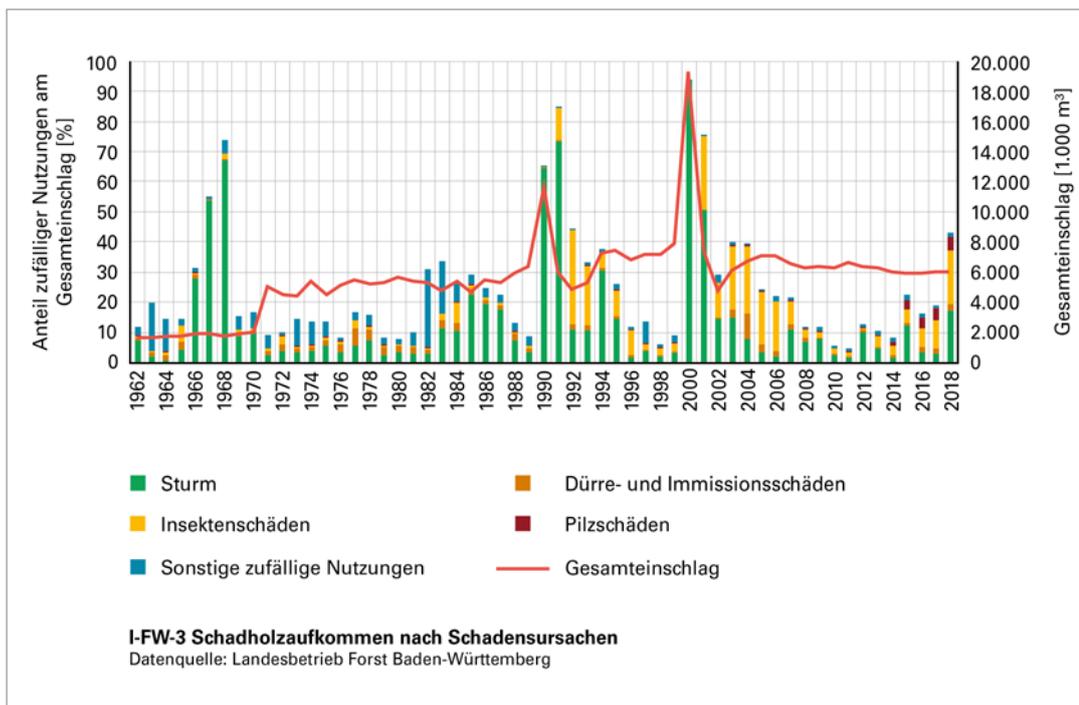
Dürreschäden spielten bisher eine untergeordnete Rolle. Dies liegt aber auch daran, dass sich diese bei der Erfassung nur schwer von anderen Schäden unterscheiden lassen. Einen höheren Anteil an Dürreschäden gab es in 2004 als Folge des trockenen Frühjahrs und Sommers 2003. Insektenschäden stehen häufig in engem Zusammenhang mit vorausgegangenen Dürren. Vor allem Frühjahrsmonate mit trockener und überdurchschnittlich warmer Witterung begünstigen die Schädlinge.

Die extrem trockenen Jahre 2018 und 2019 führten zu starken Dürre- und Insektenschäden. Betroffen sind nun neben der Fichte und Eiche auch Buche und Tanne. Allein bis zum September 2019 wurden 3 Millionen Festmeter Schadholz gemeldet, davon waren 2,55 Millionen Käfer- und Sturmschäden im Nadelholz und 435.000 Festmeter Dürreschäden im Nadel- und Laubholz. Über die bisherige Zeitreihe betrachtet, zeigen die Insekten- und Pilzschäden einen signifikant steigenden Trend.

Gesunde, an ihren Standort optimal angepasste Bäume sind in der Regel gegenüber Stürmen, Insekten- oder Pilzbefall und bis zu einem gewissen Grad auch gegenüber Trockenheit gut gewappnet. Die Klimaveränderungen führen bereits zu einer Neubeurteilung der Standortseignung einzelner Baumarten. Standortseignete und damit besonders labile Bestände werden sukzessive zu stabileren Beständen entwickelt und umgebaut. Dieser Prozess ist langwierig. Erfolge werden erst nach 40 bis 100 Jahren erkennbar sein. Es besteht daher weiterhin das Risiko umfangreicher zufälliger Nutzungen.

Kurz notiert:

- Stürme und Insekten bestimmen das Schadholzaufkommen.
- Die Jahre 2018 und 2019 lieferten erhebliche Mengen Schadholz durch Dürre und Insekten.
- Schäden durch Insekten und Pilze haben signifikant zugenommen.



QUERVERWEISE:

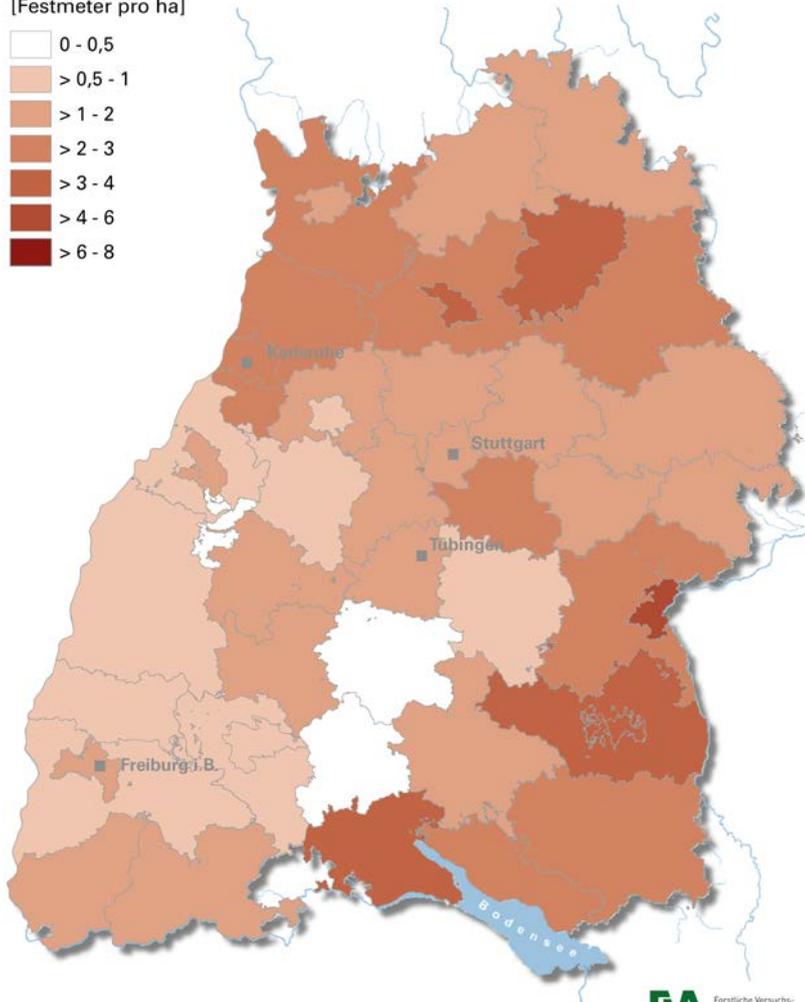
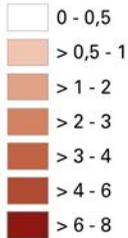
- ▶ I-FW-4: Befall durch Borkenkäfer
- ▶ I-FW-1: Gefährdete Fichtenbestände
- ▶ I-NA-2: Ausbreitung wärmeliebender Insekten
- ▶ I-LW-4: Schaderregerebefall



HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

Mittelwert 2009–2018 der Insektenholznutzung

bezogen auf die Fichtenfläche 2018 (Fichte \geq 50 Jahre), nach Forstbezirken im öffentlichen Wald [Festmeter pro ha]



I-FW-4 Befall durch Borkenkäfer
Befallsintensität nach Forstbezirken
Grundlage: © LGL BW, FVA, ForstBW, LUBW



Borkenkäfer – gravierendes Problem

Nach schweren Stürmen oder Schneebruch sowie heißer und trockener Witterung fürchten Forstleute und Waldbesitzende die Massenvermehrung des Borkenkäfers. Buchdrucker und Kupferstecher brüten in der Rinde von Fichten und können so große Schäden anrichten, dass die Bäume absterben.

Hitzejahre wie 1983, 2003 oder zuletzt 2018 und 2019 begünstigen die Entwicklung und das Schwärmen der Käfer. Gleichzeitig ist bei Wassermangel das Harzvermögen der Bäume geschwächt, was den Käfern das Eindringen in die Rinde erleichtert.

Besonders günstig sind die Bedingungen für den Borkenkäfer, wenn nach Stürmen viel Schadholz und damit ideales Brutmaterial zur Verfügung steht. Bei Winterstürmen wie Kyrill im Januar 2007 können sich die Folgen häufig noch im gleichen Jahr zeigen. Bei Sommerstürmen kommt es zumeist erst ab dem Folgejahr zu wahrnehmbaren Massenvermehrungen. Ausgehend von erfolgreichen Bruten in befallenem Schadholz breitet sich der Befall auch auf noch stehende Bäume aus.

Am gravierendsten werden die Schäden, wenn sich nach Sturmereignissen eine heiße und trockene Witterung einstellt. Diese Konstellation ergab sich nach den Stürmen Vivian und Wiebke 1990 und dem sehr trockenen Sommer 1991. Der August 1991 war in weiten Teilen Baden-Württembergs fast niederschlagsfrei. Auch die massiven Schäden in 2003 und 2004 sind Spätfolgen von Lothar 1999. Vergleichbares vollzieht sich aktuell: Nach den Winterstürmen Burglind am 2. und 3. Januar sowie Friederike am 18. Januar stellte sich 2018 eine extrem warm-trockene Witterung ein. Auf der Grundlage einer relativ hohen Ausgangspopulation kam es vielerorts in Baden-Württemberg zur Entwicklung einer zusätzlichen Buchdruckergeneration. Die Situation wird als sehr kritisch eingeschätzt. Ein methodischer Bruch in der Datenerfassung im Jahr 2017 führt dazu, dass das Jahr 2018 im Vergleich zur gesamten Zeitreihe deutlich unterschätzt wird. Die aktuelle Katastrophe 2018/2019 erreicht aber das Niveau der Jahre 2003/2004. Geht man von einer ähnlichen Entwicklung in den Folgejahren aus,





HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

sind ebenso hohe Befallszahlen für 2020 und 2021 zu erwarten.

Generell ist die Entwicklung der Zeitreihe seit 1971 stark durch Extremjahre infolge von Stürmen und Trockenheit geprägt. Nach 2008 ist die Schadholzmenge deutlich zurückgegangen, weil es nicht erneut zu Extremereignissen gekommen ist und die Sommer weniger trocken waren. Außerdem wurde von forstlicher Seite ein konsequentes Borkenkäfermanagement und -monitoring etabliert. Wird in Wäldern bruttaugliches oder bereits befallenes Schadholz aufgefunden, wird es zur Prävention möglichst rasch und konsequent beseitigt. Bei absehbar günstigen Vermehrungsbedingungen werden auf der Internetseite der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt zeitnah Warnungen ausgesprochen.

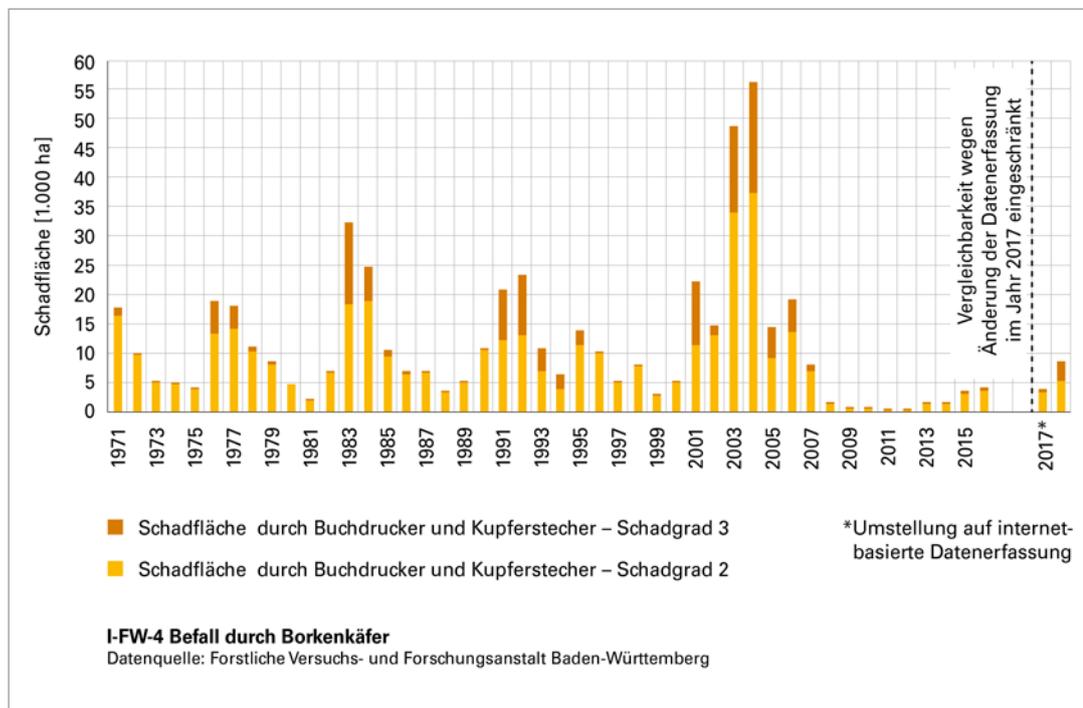
Für den Wiederanstieg der Borkenkäferpopulation seit 2015 sind Sturm- oder Schnebruchschäden in Verbindung mit einer trocken-warmen Vegetationszeit verantwortlich.

Die Gesamtschau über die letzten zehn Jahre zeigt überwiegend hohe Befallsintensitäten im Süden und Südosten sowie im nördlichen Neckarland. Die regionalen Unterschiede erklären sich zum einen durch hohe Fichtenflächenanteile in nicht standortgerechten Niederungen. Zum anderen spielen teilweise lokale Sturmereignisse eine große Rolle.

Im Zuge des Klimawandels können sich neben dem Borkenkäfer auch andere besonders wärmeliebende heimische Forstschädlinge wie der Schwammspinner, der Eichenprozessionsspinner und der Eichenprachtkäfer ausbreiten oder nichtheimische Schadorganismen besser entwickeln.

Kurz notiert:

- Extreme Sturmereignisse sowie trockene und warme Witterung fördern Borkenkäferbefall.
- Nach 2008 ging der Befall witterungsbedingt und durch konsequentes Borkenkäfermanagement vorübergehend zurück.
- Die aktuelle Kalamität 2018 / 2019 erreicht das Niveau der Jahre 2003 / 2004.
- Es besteht die Gefahr einer Ausbreitung einer wärmeliebender heimischer und nichtheimischer Forstschädlinge.



QUERVERWEISE:

- I-FW-3: Schadholzaufkommen nach Schadensursachen
- I-NA-2: Ausbreitung wärmeliebender Insekten
- I-LW-4: Schaderregerbefall



Das Waldbrandrisiko steigt weiter

Die Waldbrandgefährdung ist ein aus meteorologischen Größen ermitteltes Risiko für die Waldbrandsaison von Anfang März bis Mitte Oktober. Seit Beginn der Statistik 1961 ist in Baden-Württemberg ein signifikant steigendes Waldbrandrisiko zu beobachten. Der Anstieg ist besonders seit den 1990er-Jahren gravierend, ab denen auch der Klimawandel weiter Fahrt aufgenommen hat. Die erhöhte Wald-

brandgefahr ist daher im Zusammenhang mit den steigenden Lufttemperaturen und den im Frühjahr und Sommer abnehmenden Niederschlägen zu sehen. Ein verstärktes Waldbrandaufkommen ist besonders in den Monaten Juli und August statistisch auffällig.

Neben der heißen und trockenen Witterung bestimmen auch die Menge trockenen Brennmaterials und das Vorhandensein einer Zündquelle, ob es zu Waldbränden kommt. Besonders große Mengen an leicht brennbarem Material entstehen beispielsweise durch angesammeltes Totholz aus Sturmschäden und Borkenkäferkalamitäten. Die Austrocknung und damit die Brennbarkeit der Pflanzen im Wald werden zusätzlich erhöht, wenn heiße Winde bis in den Wald eindringen können. Daher spielt auch die Intensivierung der Landwirtschaft eine Rolle. Durch den Verlust von Gehölzen in der Landschaft fehlt es an Beschattung und Windruhe, was zu verstärkter Austrocknung führt.

Einer der häufigsten Brandauslöser in Baden-Württemberg ist fahrlässiges Handeln, zum Beispiel durch offenes Feuer beim Campen oder Grillen sowie durch unachtsam entsorgte Glasflaschen oder Glasscherben, die durch den Brennglaseffekt Feuer entfachen können.

Üblicherweise kommt es pro Jahr in Baden-Württemberg zu 10 bis 50 Einzelbränden. In den Jahren 2000 bis 2018 waren durchschnittlich 8,37 Hektar Waldfläche pro Jahr von Bränden betroffen. Die Flächen der Einzelbrände sind mit durchschnittlich 0,3 Hektar Waldfläche relativ klein. Dies deutet auf einen zeitnahen und effektiven Feuerwehreinsatz hin.

Extremjahre wie 2003 erklären sich durch warme trockene Sommer in Kombination mit dem Vorhandensein großer Mengen trockenen Holzes und vermehrter Freizeitaktivitäten wie Grillen und Campen. 2003 hatten sich als Folge des Sturms Lothar durch anschließende



HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

Borkenkäferkalamitäten große Mengen Schadholz angesammelt. Im Jahr 2018 kam es trotz der sehr hohen Zahl von Meldetagen mit Waldbrandwarnstufen 4 und 5 nur zu 26 Waldbränden. Dies ist vornehmlich darauf zurückzuführen, dass die Bevölkerung intensiv informiert und für die Gefahren sensibilisiert wurde.

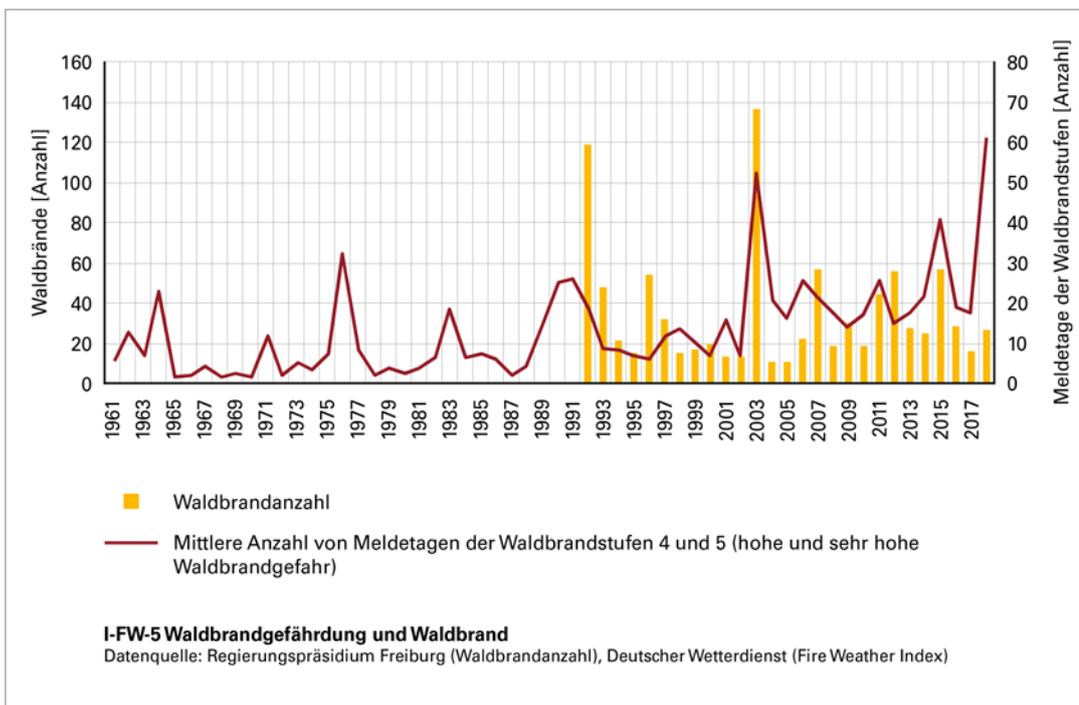
Regionale oder lokale Schwerpunkte des Waldbrandgeschehens liegen entlang der Rheinschiene von Lörrach über Freiburg bis Karlsruhe. Dieses Gebiet ist geprägt durch häufig trockene Sandböden, die mit Nadelhölzern wie der Kiefer bestockt sind. Geringer Jahresniederschlag und Westwinde führen hier schnell zu Austrocknung. Zusätzlich gibt es in Waldbeständen, die aufgrund von Trockenheit und Schädlingsbefall absterben, große Mengen an Brennmaterial und durch den vermehrten Lichteinfall eine erhöhte Tendenz zur Vergrasung der Waldböden, was wiederum in trockenen Jahren leicht brennbares Material hervorbringt. Hier kann sich ein punktueller Feuer sehr schnell zu einem Waldbrand ausbreiten.

Im bundesweiten Vergleich liegt Baden-Württemberg, auch in der aktuellen Waldbrandstatistik von 2018, mit der Anzahl der Waldbrände und der Brandflächen im Mittelfeld. Bei den wirtschaftlichen 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 Waldbrandprävention und Kontrolle vorgesehen. Maßnahmen für eine weitere Verbesserung von Prävention und Monitoring werden aktuell diskutiert.

Unabhängig davon ist eine Aufklärung der Waldbesucherinnen und -besucher 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, um für vermehrte Beschattung und Windruhe zu sorgen.

Kurz notiert:

- Das Waldbrandrisiko ist signifikant angestiegen.
- Das letzte Datenjahr 2018 brachte die bisher höchste Anzahl von Meldetagen.
- Die Waldbrandfläche nahm bis 2018 allerdings signifikant ab, was auf eine wirksame Prävention und Waldbrandbekämpfung hinweist.



QUERVERWEISE:

- I-FW-3: Schadholzaufkommen nach Schadensursachen
- I-FW-4: Befall durch Borkenkäfer



Dringende Investitionen in den Waldumbau

Im öffentlichen Wald Baden-Württembergs zielt die forstliche Bewirtschaftung darauf ab, die Baumartenmischung zu erhöhen. Zudem wird darauf Wert gelegt, dass neu angepflanzte Bäume standortgerecht sind. Die Wälder sollen widerstandsfähiger und naturnäher wer-

den. Mit einer größeren Baumartenmischung lässt sich das Risiko streuen. Im Schadensfall werden immer einzelne Baumarten überleben, die dann die Grundlage für eine neue Bestandsentwicklung bilden können. Mehrschichtige, stufige Bestandsaufbauten führen zudem zu stabileren Beständen, die Widrigkeiten oder Störungen besser standhalten.

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. Bis 2004/2005 war der Verlauf erheblich vom Orkan Lothar (Dezember 1999) und seinen Folgeschäden geprägt. Mit diesem Extremereignis war ein deutlich erhöhter Wiederbewaldungsaufwand in den Folgejahren verbunden. Die Wiederbewaldung zielt darauf, die Baumartenwahl standortgerechter zu gestalten. Die Politik bewies in diesen Extremsituationen Handlungsbereitschaft. Basierend auf bestehenden Förderrichtlinien konnten außerplanmäßig umfangreiche Mittel bereitgestellt werden, um ergänzend zur Naturverjüngung zielgerichtet eine standortgerechte Wiederbewaldung zu ermöglichen.





HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

Die Entwicklung zwischen den Jahren 2004/2005 und 2017 ist Spiegel eines weithin planmäßigen Arbeitens der Forstbetriebe ohne gravierende überregionale Störungen und mit einer kontinuierlichen finanziellen Sicherstellung. Die Angaben zur Förderung aus der GAK für die Jahre 2014 und 2015 sind nicht repräsentativ. Sie sind deutlich vom Wechsel und verzögerten Anlaufen der neuen Förderperiode gekennzeichnet. In den Jahren 2016 und 2017 ist dementsprechend das Förderniveau wieder deutlich höher.

Regional werden zunehmend die Folgen des Eschentriebsterbens bedeutsam. Am stärksten betroffen sind Kommunalwälder in der Oberrheinebene mit einem erhöhten Aufwand für die Wiederbewaldung mit standortgerechten, anpassungsfähigen Baumarten. Es wird auf betroffenen Standorten ein zielgerichteter Baumartenwechsel hin zu mehr Mischbaumarten (überwiegend Laubbäume) und vor allem zu einem höheren Anteil der

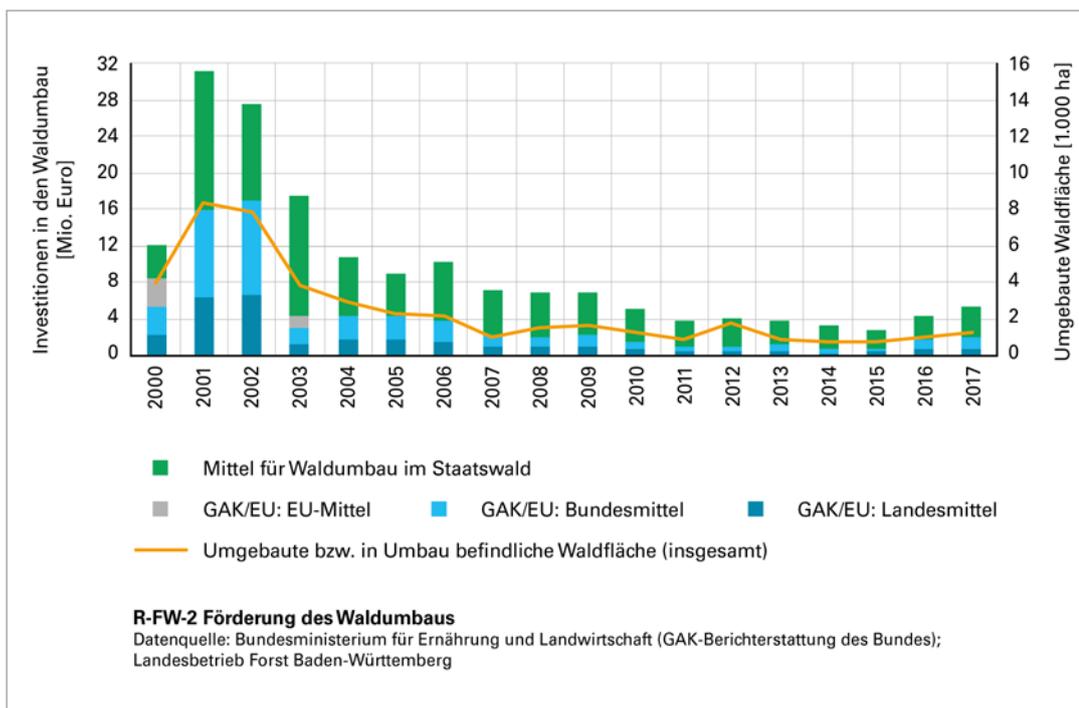
Stieleiche vollzogen. Durch die deutliche Anhebung der Fördersätze für Eichenkulturen hat sich das Antragsvolumen für Eichenanbauflächen seit 2016 kontinuierlich erhöht.

Für den Zeitraum ab 2018 lässt sich bereits heute vorhersehen, dass durch die landesweiten starken Trockenschäden mit einem deutlichen Anstieg an Wiederbewaldungsflächen infolge der Schadereignisse zu rechnen sein wird.

Eine Aussage zur Waldfläche, auf der in den letzten 18 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.

Kurz notiert:

- Der Waldumbau stärkt mit der Mischwaldförderung die Risikostreuung.
- Stürme und Folgeschäden verursachten zu Beginn der 2000er-Jahre hohen Finanzbedarf und beschleunigten den Waldumbau.
- Zwischen 2005 und 2017 waren die Aufwendungen planmäßig, ab 2018 werden die Förderungen infolge von Trockenschäden aber wieder ansteigen.



QUERVERWEISE:

- R-FW-4: Anpassungsspezifische Aus- und Fortbildung



Verjüngung weist in richtige Richtung

Auf vielen Standorten, auf denen in der Vergangenheit heimische Nadelbaumarten gepflanzt wurden, haben sich diese als wenig stabil erwiesen. Die Fichte ist auf warm-trockenen Standorten anfällig für Dürre und Borkenkäferbefall. Auch die Kiefer leidet unter zu großer Hitze und Trockenheit. Betrachtet man die Baumartenzusammensetzung auf Trockenstandorten in den warmen Lagen Mit-

teleuropas, so ist diese stark von laubabwerfenden Eichen- und Eichenmischwäldern geprägt.

Mit dem Ziel, den Wald klimarobuster zu machen, strebt der Waldumbau generell höhere Laubbaumanteile an, wenngleich sich auch im Klimawandel Nadelbaumarten als geeignete Alternativen erweisen können. Unter den nicht heimischen Arten erreicht die Douglasie auch unter heißen und trockenen Bedingungen eine hohe Wuchs- und Wertleistung. Die Tanne als heimische Baumart hat gegenüber der Fichte den Vorteil, dass sie sich mit ihren tiefreichenden Wurzeln auch Wasservorräte aus unteren Bodenschichten erschließen kann und eine höhere Standfestigkeit hat.

Will man in naher Zukunft widerstandfähigere Wälder haben, muss dies schon heute in der Verjüngung angelegt werden.

Mit einem Anteil von 90% ist die Naturverjüngung die überwiegende Verjüngungsart in Baden-Württemberg. Soll mit dem Waldumbau ein gezielter Baumartenwechsel vollzogen werden, muss allerdings in vielen Fällen neu gepflanzt werden. Das ist zurzeit die Ausnahme, könnte aber in Zukunft eine größere Rolle spielen.

Für die Verjüngung von Laubbaumarten ist generell der Wildverbiss ein Problem, da Laubbäume vom Wild bevorzugt werden.

Die Bundeswaldinventur liefert Daten zur Baumartenzusammensetzung der Verjüngung. Aktuell liegen die Daten aus den Inventuren 2002 und 2012 vor. Der Laubbaumanteil nimmt demnach in allen Waldbesitzkategorien zu. Am stärksten ist die Veränderung im Privatwald. Dies lässt sich möglicherweise damit erklären, dass hier aufgrund des generell höheren Nadelholzanteils ein besonderer Nachholbedarf für die Laubholzmehrung besteht.





HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

Bei Betrachtung der einzelnen Nadelbaumarten wird deutlich, dass der Stammzahlanteil der Fichte in der Verjüngung mit 4,5 Prozentpunkten (von 25,3% auf 21,8%) am deutlichsten abgenommen hat. Der Anteil der Kiefer blieb bei 0,4% unverändert. Erhöht haben sich der Anteil der nicht heimischen Douglasie von 0,2% auf 0,6% und der der Tanne von 5,5% auf 5,8%. Die Lärche spielt in Baden-Württemberg flächenmäßig keine Rolle.

Die Entwicklung der Verjüngung geht bei den Nadelbäumen damit in die richtige Richtung, denn die vor allem in den tieferen Lagen wenig klimarobuste Fichte ist die Baumart mit dem stärksten Rückgang. Der Flächenanteil der klimatoleranteren Baumarten Tanne und Douglasie nimmt hingegen zu, wenn auch nur in geringem Umfang.

Die Zunahme der Laubbaumarten in der Verjüngung geht vor allem auf eine Zunahme der Buche zurück. Deren Anteil erhöhte sich von 26,7% auf 28,8%. Die Buche vermehrt sich bei nicht zu hohem Wilddruck auch durch natür-

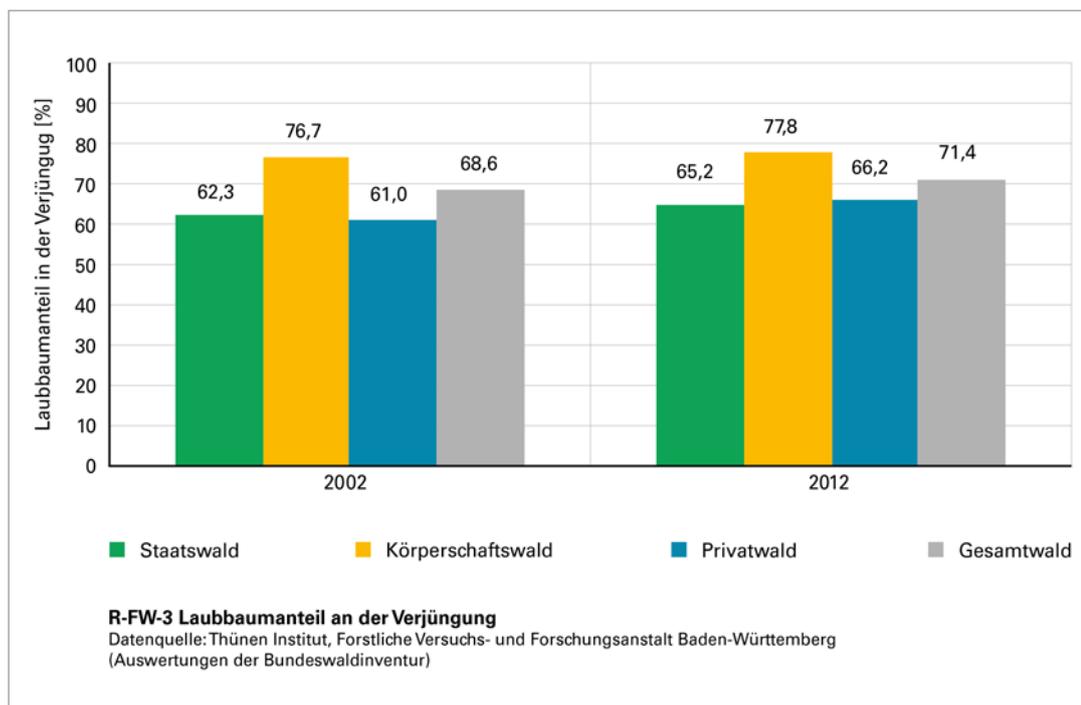
liche Verjüngung, da sie als Schattbaumart unter dem Schirm des Altbestands gut aufwachsen kann. Der Anteil der Eiche ist von 2,0% auf 2,8% ebenso gestiegen. Für die Eichenverjüngung ist vor allem der Wilddruck ein begrenzender Faktor. Zudem sind dem künstlichen Anbau von Eichen durch die sehr hohen Kulturkosten Grenzen gesetzt.

Ob sich der derzeitige Baumartenwechsel rasch genug vollzieht, um eine rechtzeitige Anpassung zu erreichen, lässt sich nur regional und standörtlich differenziert bewerten. Diese Bewertung ist eine Aufgabe der Forsteinrichtungsplanung. Hier spielt die Klimaanpassung eine immer bedeutendere Rolle.

Speziell in der Rheinebene gibt es aktuell das Problem, dass die Esche infolge des Eschentriebsterbens weitgehend verloren geht. Dies ist insofern gravierend, da die Esche als Laubbaumart in den Flussniederungen auch unter Klimawandelbedingungen eine günstige Option darstellen würde. Nun müssen geeignete Ersatzbaumarten gefunden werden.

Kurz notiert:

- Die Entwicklung der Verjüngung geht in die richtige Richtung.
- Die Verjüngung mit Fichten hat ab-, mit Buchen und Eichen zugenommen.



QUERVERWEISE

- R-FW-1 Förderung und Finanzierung des Waldumbaus



Anpassung braucht Aus- und Fortbildung

Trotz guter Kenntnisse über die Folgen des Klimawandels im Wald ist die praktische Umsetzung 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 und deren zunehmende Wechselwirkungen mit dem Klimawandel.

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 von Waldfunktionen, konkret der Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion, führen. Die Forstverwaltung stellt den privaten und kommunalen Forstbetrieben ein umfangreiches Beratungs- und Betreuungsangebot zur Verfügung, da die Erhaltung der Waldfunktionen ein hohes gesellschaftliches Interesse genießt.

Seit 2011 werden für Privatwaldbesitzende Seminare speziell zum Thema Auswirkungen des Klimawandels auf die Forstwirtschaft angeboten. Dieses Angebot wird seit 2017 durch eine Veranstaltung für Kommunalbetriebe ergänzt. Zur Stärkung der Kompetenz von Privatwaldbesitzenden im Umgang mit dem Klimawandel wurde das Kompetenz-Netzwerk Klimawandel, Krisenmanagement und Transformation von Waldökosystemen (KoNeKKTiW) gegründet. Es wird als Waldklimafondsprojekt von den Bundesministerien für Ernährung und Landwirtschaft sowie für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit gefördert. Die Bildungsinhalte reichen von Fragen der Fichtenbewirtschaftung in Zeiten des Klimawandels über den Umgang mit neuen und alten Schädlingen bis hin zur Laubholzbewirtschaftung und zum Risiko- und Krisenmanagement. Sie widmen sich damit einem breiten Spektrum an Themen, die unter den veränderten Bedingungen des





HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

Klimawandels einer neuen Betrachtung bedürfen.

Im Jahr 2016 überstieg die Nachfrage nach den Fortbildungen und Schulungen den leistbaren Umfang. Für die Folgejahre mussten die Angebote daher beschränkt werden. Aus diesem Grund liegen die Teilnahmezahlen nach 2017 und 2018 deutlich unter dem Wert des Jahres 2016.

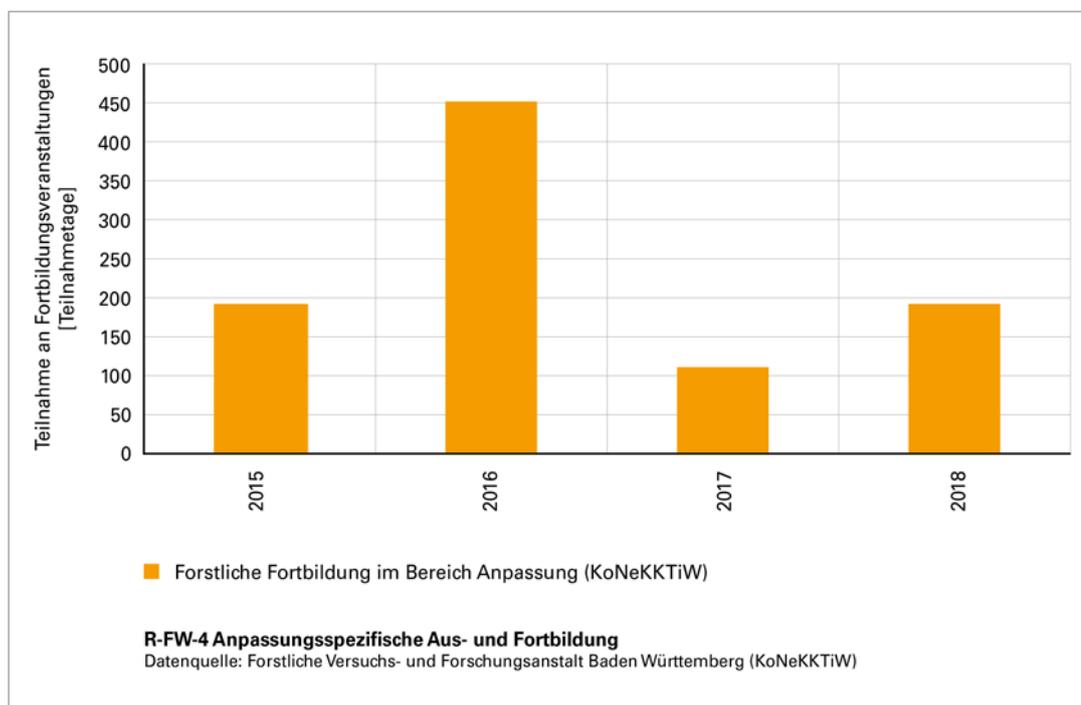
Neben Fortbildungen leistet KoNeKKTiW durch die Pflege und Erweiterung des Online-Ratgebers Forstliches Krisenmanagement einen Beitrag zur Klimaanpassung von Wäldern und Forstbetrieben. Der Ratgeber liefert Informationen zu den Themenschwerpunkten forstliches Risiko- und Krisenmanagement, Sturm, Schädlinge, Wasser und Waldbrand.

Außerhalb von KoNeKKTiW führt auch ForstBW AöR umfangreiche Fort- und Ausbildungsmaßnahmen durch. Die allgemeine

Aus- und Fortbildung der Mitarbeitenden erfolgte in den zurückliegenden Jahren zunehmend im Kontext Klimawandel und widmete sich Fragen der Standortcharakteristika, der Baumarteneignung und der angepassten waldbaulichen Behandlung. Dies gilt auch für das Waldbautraining, das im praktischen und handwerklichen Bereich vor Ort Kenntnisse vermittelt. Hierzu lassen sich aber keine spezifischen Daten zu Veranstaltungen und Teilnahmezahlen zusammenstellen. Seit drei Jahren wurden die Themen Risiko- und Krisenmanagement als Standardthemen in die Ausbildung der Trainees des gehobenen und höheren Forstdienstes aufgenommen. Zusätzlich wurden diese Themen auch in die Ausbildung des forstbetrieblichen Managements an der Universität Freiburg integriert. Es werden damit gezielt Maßnahmen ergriffen, um die Nachwuchskräfte in der Forstverwaltung und den Forstbetrieben von Beginn an für dieses Thema zu sensibilisieren und zu qualifizieren.

Kurz notiert:

- Im Forstbereich richten sich Aus- und Fortbildungsveranstaltungen gezielt auf das Themenfeld Klimawandel und Anpassung.





Risiko- und Krisenmanagement – handlungsfähig bleiben

In Anbetracht der nur schwer vorhersehbaren Witterungseinflüsse und Extremereignisse sind ein solides forstliches Risiko- und ein professionelles Krisenmanagement zwingend er-

forderlich. Präventive und vorbereitende Maßnahmen genießen dabei höchste Priorität. 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. Bis 2020 sollen Rücklagen im Wert von mehr als 5 Millionen Euro gebildet werden. Mit diesen Mitteln lassen sich vorbeugende Maßnahmen finanzieren. Kurz- und mittelfristig gehört hierzu in erster Linie eine Stärkung der Fähigkeit zum Krisenmanagement. Langfristig trägt insbesondere der Waldumbau mit klimatoleranten Baumarten, aber auch Maßnahmen zur Bekämpfung invasiver Arten zu einer Minderung der Risiken bei. Darüber hinaus sollen betriebliche Risiko- und Krisenmanagementkonzepte erarbeitet werden.

Rein rechnerisch erfordert dies pro Jahr eine Erhöhung der Rücklage um durchschnittlich 500.000 Euro, da der Aufbau der Rücklagen über zehn Jahre hinweg erfolgen soll. Bis 2013 ging die Rücklagenbildung aber deutlich schneller vonstatten. Im Jahr 2011 und in den Folgejahren sorgte das relativ hohe Holzpreinsniveau für gute Wirtschaftsergebnisse von ForstBW AÖR, aus denen Rücklagen gebildet werden konnten. Das Finanzministerium, das letztendlich die Entscheidung über die Rücklagenbildung trifft, hat die umfangreiche Rücklagenbildung ermöglicht.

Im Jahr 2016 flossen erstmalig auch Mittel aus den Rücklagen ab. Es wurden daraus Maßnahmen zum Aufbau stabiler Waldbestände mit klimatoleranten Baumarten finanziert.

Mit 4,6 Millionen Euro war im Jahr 2018 das angestrebte Ziel fast erreicht. Es lässt sich derzeit aber nicht beurteilen, ob die bereits erreichte Summe beziehungsweise die angestrebten 5 Millionen Euro Rücklagen ausreichen.





HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

Die Rücklagenbildung ist nur ein Teil des Risikomanagements. Anfang 2016 wurde ein betriebliches Risikomanagement bei ForstBW AÖR eingeführt. Bei jedem Managementschritt werden in systematischer Weise Risiken identifiziert und präventive Maßnahmen geplant. Der Landesbetrieb möchte damit zielbezogene gegenüber problembezogenen Herangehensweisen fördern.

Ein wichtiger Baustein des Risikomanagements ist die Richtlinie landesweiter Waldentwicklungstypen (WET-Richtlinie). Sie trifft waldbauliche Vorgaben zur Wahl geeigneter Baumarten sowie zur Form der Waldbehandlung und berücksichtigt in systematischer Weise auch die veränderten Bedingungen durch den Klimawandel. Die Entwicklungsleitbilder, konkreten Ziele und waldbaulichen Maßnahmen sind für die unterschiedlichen Waldentwicklungstypen differenziert.

Zur Unterstützung der Umsetzung der WET-Richtlinie hat ForstBW AÖR die Funktion der Waldbautrainerinnen und -trainer eingeführt.

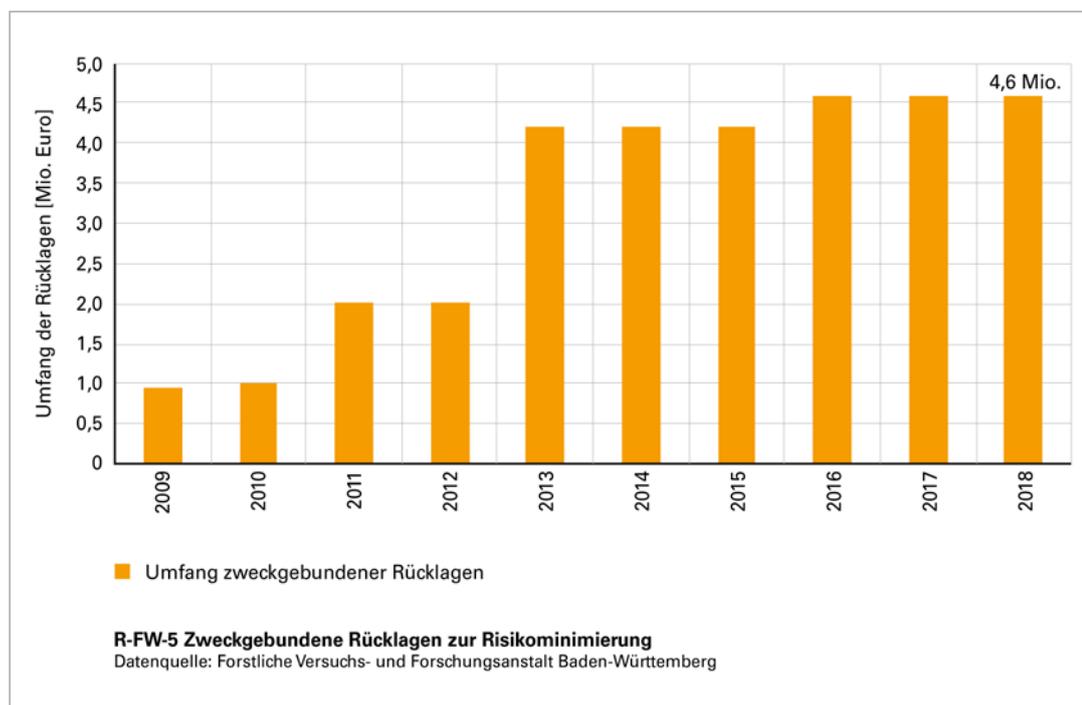
Sie führen vor Ort Schulungen in den Betriebsteilen durch.

Im Jahr 2019 hat die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) Baden-Württemberg ihre Baumarteneignungskarten fortgeschrieben und damit eine wesentliche Grundlage geschaffen, um standortabhängig angepasste Waldentwicklungstypen festzulegen.

Ein weiterer wesentlicher Baustein für eine verbesserte Anpassung wurde im gleichen Jahr durch die Entwicklung und den erfolgreichen pilothaften Einsatz eines methodisch geschlossenen Krisenmanagements gelegt. In diesem mittlerweile auch international anerkannten Ansatz (prozessbasiertes, regionales 4-3-2 Krisenmanagement) wird Sorge dafür getragen, dass alle Phasen des Krisenmanagements (Prävention, Vorbereitung, Intervention und Wiederherstellung) einbezogen und alle erforderlichen Betrachtungsebenen (Wald, Betrieb sowie Gesellschaft und Politik) berücksichtigt werden.

Kurz notiert:

- Bis 2020 sollen Rücklagen im Wert von 5 Millionen Euro gebildet werden.
- In den letzten drei Jahren konnten die Rücklagen nicht weiter aufgebaut werden.





Genetische Vielfalt – Grundlage für Anpassung

Denkt man an den Waldumbau, geht es neben den Baumarten oft auch um die Herkünfte, das heißt um einzelne Bäume oder Bestände, die durch jahrzehntelange natürliche Selektion besonders gut an bestimmte Standortbedingungen angepasst sind. Diese Anpassungen äußern sich in der genetischen Ausstattung.

Das genetische System ist grundlegend für das Überleben von Arten und damit des gesamten Ökosystems, denn es ist letztendlich die Voraussetzung für Veränderung, Anpassung und Evolution. Bei hoher genetischer Vielfalt können neue genetische Informationen erzeugt werden und sich Arten an veränderte Umweltbedingungen anpassen. Die Sicherung forstgenetischer Ressourcen ist damit Grundvoraussetzung für die Entwicklung von Waldökosystemen und die Anpassungsfähigkeit der Wälder. Das in Waldbeständen vorhandene genetische Anpassungspotenzial muss daher unter allen Umständen erhalten und möglichst gezielt ausgebaut werden.

Bei den Maßnahmen zur Generhaltung unterscheidet man sogenannte In-situ- und Ex-situ-Maßnahmen. In-situ-Maßnahmen erhalten die jeweilige genetische Ressource am Ort ihres Vorkommens. Bestände, die besonders vital sind und sich natürlich verjüngen, werden ausgewählt, gezielt gepflegt, einem regelmäßigen genetischen Monitoring unterzogen und teilweise gezielt für die Saatgutgewinnung genutzt. Künstliche Verjüngung darf in diesen Beständen nur mit ressourceneigenem Material stattfinden.

Ex-situ-Maßnahmen bestehen darin, spezifische Erhaltungsbestände oder -samenplantagen der betreffenden Arten anzulegen und zu pflegen sowie Generhaltungsobjekte wie Saatgut, Pollen, Pflanzen oder Pflanzenteile unter kontrollierten Bedingungen einzulagern. Viele Ex-situ-Maßnahmen erfordern spezielle Einrichtungen und sind daher auch finanziell aufwändig. Dies ist auch der Grund, warum die Fläche für In-situ-Maßnahmen deutlich größer ist als die für Ex-situ-Maßnahmen.

In Baden-Württemberg haben sich in der Gesamtbetrachtung aller Baumarten zwischen 2014 und 2018 nur wenige Änderungen ergeben. Die In-situ-Maßnahmenfläche ist leicht angestiegen, bei den Ex-situ-Beständen und





HANDLUNGSFELD WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

Samenplantagen gab es einen leichten Rückgang, der aber teilweise durch Verschiebungen zwischen den unterschiedlichen Maßnahmen wie zwischen Samenplantagen und Klonsammlungen zustande kommt. Klonsammlungen sind im Indikator nicht dargestellt, da diese in der bisherigen Datendokumentation noch nicht einheitlich erfasst wurden.

Die häufigen 28 Haupt- und Nebenbaumarten, zu denen es Regelungen im Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) gibt, gelten mit ihren relevanten Herkünften mit den In-situ- und Ex-situ-Maßnahmen im Land als gut gesichert. Aber auch weitere Nebenbaumarten spielen im naturnahen Waldbau und für die Anpassung eine wichtige Rolle. Vielfach müssen diese Arten durch Pflanzung in die Kulturen eingebracht werden, um die Artenvielfalt zu erhöhen. Dabei stellt sich die Frage nach der richtigen Herkunft. Häufig wurden Bäume ungeeigneter Herkunft im Wald gepflanzt, da der Vertrieb von Vermehrungsgut vieler Nebenbaumarten bisher keinen gesetzlichen Regelungen unterlag. Es sind spezifische Maßnah-

men zur Erhaltung der gefährdeten genetischen Ressourcen dieser Arten erforderlich.

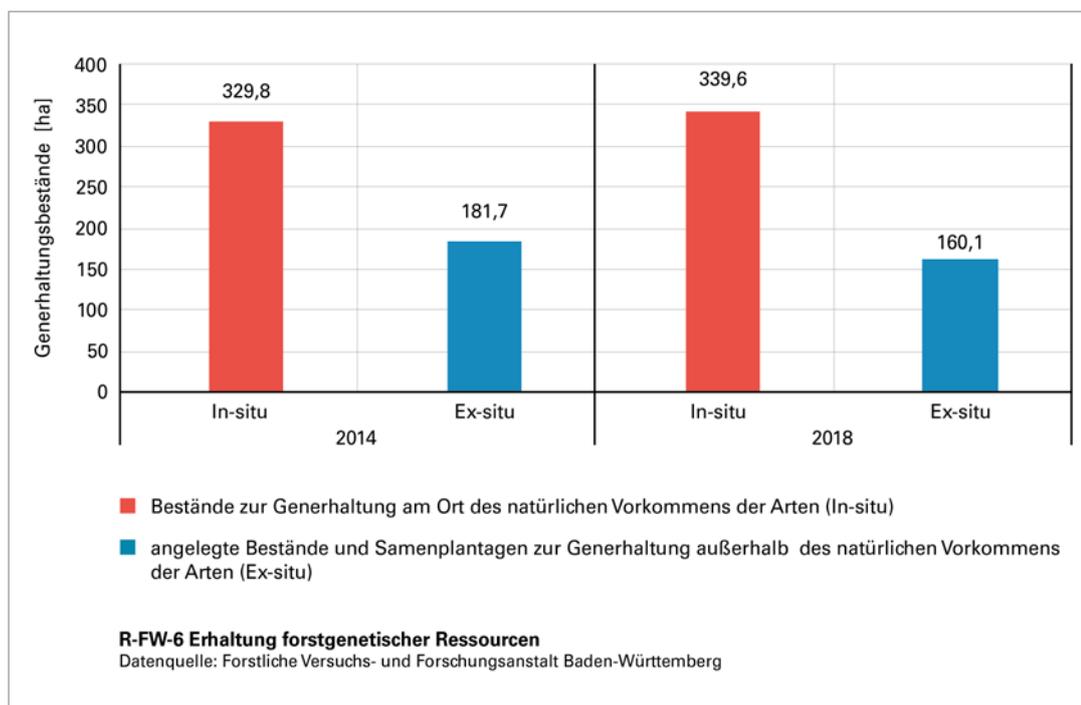
In Baden-Württemberg wurden unter anderem für Flaumeiche, Wildapfel, Wildbirne, Berg- und Flatterulme, Speierling, Schwarz- und Walnuss, zu denen es keine Regelungen im FoVG gibt, bereits Ex-situ-Maßnahmen zur Generhaltung in Erhaltungspflanzungen und Samenplantagen ergriffen. Für die Elsbeere gibt es inzwischen auch In-situ-Bestände bzw. ausgewiesene zur Beerntung geeignete Generhaltungsbestände.

Neben den im Indikator abgebildeten Generhaltungsmaßnahmen werden zur Generhaltung unter anderem auch Samen, Pollen und Pflanzenteile eingelagert.

Nicht immer bedeuten mehr und größere Generhaltungsobjekte eine bessere Absicherung. Eine Bewertung, ob die bisherigen Generhaltungsbemühungen ausreichend sind, ist derzeit noch nicht möglich. Wichtig ist, dass das aktuelle Niveau zumindest erhalten bleibt.

Kurz notiert:

- Standortangepasste Herkünfte sind wichtig für den Waldbau.
- Genressourcen von Haupt- und Nebenbaumarten wurden und werden gesichert.





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

R-LW-3: Fruchtartendiversifizierung

R-LW-4: Landwirtschaftliche Beregnung

R-LW-5: Versicherung landwirtschaftlicher Ertragsausfälle





Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse geben neben den Böden die wichtigsten Rahmenbedingungen für die landwirtschaftliche Produktion vor. Die Landwirtschaft ist daher unmittelbar von den Folgen des Klimawandels betroffen. Einfluss auf die Anbaubedingungen und die Produktionsmöglichkeiten nehmen sowohl die kontinuierlichen klimatischen Veränderungen als auch Wetter- und Witterungsextreme wie Hagel, Überschwemmungen, Stürme, Trockenheit und Hitze sowie Früh- und Spätfröste. Andere Einflussfaktoren sind steigende Kohlendioxidwerte, höhere Ozonkonzentrationen sowie indirekte Effekte durch die Beeinflussung von Pflanzenschädlingen und Nützlingen wie Bestäubern.

An kontinuierliche Veränderungen können sich einige landwirtschaftliche Betriebe vergleichsweise gut anpassen, denn besonders auf dem Ackerland sind flexible Anpassungen mittels Kulturartenwahl und Fruchtfolge von Jahr zu Jahr möglich. Problematischer sind die nicht kalkulierbaren Extreme. Sie können zu erheblichen wirtschaftlichen Verlusten führen.

Die Landwirtschaft in Baden-Württemberg bewirtschaftete im Jahr 2018 45,1% der Landesfläche. In den letzten zehn Jahren nahm die landwirtschaftlich genutzte Fläche um 1,5% ab. Auf 58% der landwirtschaftlich genutzten Fläche wird Ackerbau, auf 38,7% Grünlandnutzung betrieben. Rebland und Obstbau nehmen zwar jeweils weniger als 2% der Fläche ein, mit diesen Kulturen wird aber eine überdurchschnittliche Bruttowertschöpfung erzielt. Die baden-württembergischen Obst- und Weinbaubetriebe erwirtschaften etwa ein Viertel des gesamtdeutschen Produktionswerts für diese Kulturen.

Der Ackerbau hat große Bedeutung im nördlichen Rheintal, auf der Baar, im Kraichgau und auf den Gäuplatten im Necker- und Tauberland. Mit zunehmender Höhenlage nimmt der Anteil an Grünland zu. In den Mittel-

gebirgen und im Allgäu dominiert diese Flächennutzung. Der Obstbau ist am Bodensee, in der Oberrheinebene sowie in der Region Stuttgart-Heilbronn stark vertreten. Schwerpunkte des Weinbaus befinden 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 verantwortlich. Im Rahmen ihrer betrieblichen Möglichkeiten wägen die Landwirtinnen und Landwirte Anpassungsoptionen ab und treffen eigenständige Entscheidungen. Allerdings ist gerade im landwirtschaftlichen Bereich zu berücksichtigen, dass diese Entscheidungen auch in erheblichem Maße von den Marktbedingungen sowie den Agrarzahlen 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 unterstützen die landwirtschaftlichen Betriebe bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen, indem Forschung und Technologieentwicklung verstärkt auf die Anpassungserfordernisse ausgerichtet werden.

Für das Handlungsfeld Landwirtschaft kann mit diesem Monitoringbericht zu drei zusätzlichen Indikatoren berichtet werden. Sowohl die landwirtschaftliche Beregnung als auch die umfangreichere Versicherung landwirtschaftlicher Ertragsausfälle geraten zunehmend als gezielte Anpassungsmaßnahmen in der Landwirtschaft in den Blick.

Mit einer stärkeren Diversifizierung in der Landwirtschaft lässt sich das Risiko von Klimawandelfolgen stärker streuen. Die Fruchtarten- diversifizierung kann hierzu ein Schritt sein.



Vegetationsperiode wird länger

Landwirtinnen und Landwirte versuchen seit jeher, auf klimatische Rahmenbedingungen und die aktuellen Witterungsverhältnisse zu reagieren. Sie wählen die zu kultivierenden Fruchtarten entsprechend aus und legen Zeitpunkte für Bodenbearbeitung, Saat, Düngung, Pflanzenschutz und Ernte fest. Infolge des kürzeren Winters verlängert sich mit dem Klimawandel die Vegetationszeit, das heißt die Zeit,

in der die landwirtschaftlichen Kulturen wachsen und reifen.

Mit dem Blühzeitpunkt von Winterraps lassen sich die Einflüsse klimatischer Veränderungen auf die landwirtschaftlichen Kulturen abbilden. Der Winterraps wird im Vorjahr gesät und entwickelt sich im Frühjahr des Folgejahres zunächst ohne steuernde Eingriffe durch die Landwirtin oder den Landwirt rein witterungsgesteuert. Die in den Monaten Februar bis April erreichte Temperatursumme ist dabei ein bestimmender Faktor für das Einsetzen der Blüte.

Es gibt inzwischen einen signifikanten Trend zu einer immer früher im Jahreslauf einsetzenden Blüte von Winterraps. Seit Ende der 1980er- bzw. Anfang der 1990er-Jahre, dem Beginn deutlich steigender Durchschnittstemperaturen in Baden-Württemberg, ist diese Entwicklung sehr auffällig. 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, im 30-Jahreszeitraum danach (1989–2018) bereits 9 Tage früher. Auf der kälteren Schwäbischen Alb verschob sich der Zeitpunkt der Blüte in den selben Vergleichszeiträumen sogar um 13 Tage nach vorne, also von Mitte Mai auf Ende April.

Für die weitere Entwicklung der Blütezeit könnte relevant werden, dass Raps zur Einleitung der Blüte eine bestimmte Mindesttageslänge benötigt. Das bedeutet, dass sich der Blühbeginn auch bei steigenden Temperaturen nicht immer weiter im Jahr nach vorne verschieben wird, sondern ein Grenzwert erreicht wird. Dies könnte auch die Ursache dafür sein, dass sich die Blühzeitpunkte seit Anfang des neuen Jahrtausends in den wärmeren Gebieten des Landes nicht mehr weiter verfrüht und sich die beiden hier betrachteten Räume tendenziell angenähert haben.



HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

In der Zeitreihe schlagen sich einzelne Jahre mit extremen Witterungsverhältnissen nieder. So steht der späte Blühbeginn im Jahr 1962 im Zusammenhang mit einem kalten Frühjahr. Die Mitteltemperatur der Monate März bis Mai erreichte nur 7,0 °C. Demgegenüber war es im Frühjahr 1966 und 1974 mit 9,3 °C vergleichsweise warm, weshalb sich die Blüte zeitlich nach vorne geschoben hat. Auf den letzten Monitoringbericht 2017 folgten weitere Jahre mit überdurchschnittlich frühem Blühbeginn aufgrund der steigenden Temperaturen. Der Trend hat sich also fortgesetzt.

Neben dem klimatischen Einfluss haben auch die Sortenzüchtung und -wahl Einfluss auf den Blühzeitpunkt. Mit der Wahl früh blühender Sorten verbinden Landwirtinnen und Landwirte die Hoffnung, dass bei einer früheren Abreife der Rapserttrag nicht so stark durch sommerliche Hitze und Trockenheit geschmälert wird. Diese Entscheidung kann ebenfalls als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel mit höheren Frühjahrstemperaturen sowie vermehrter Hitze und Trockenheit interpretiert werden.

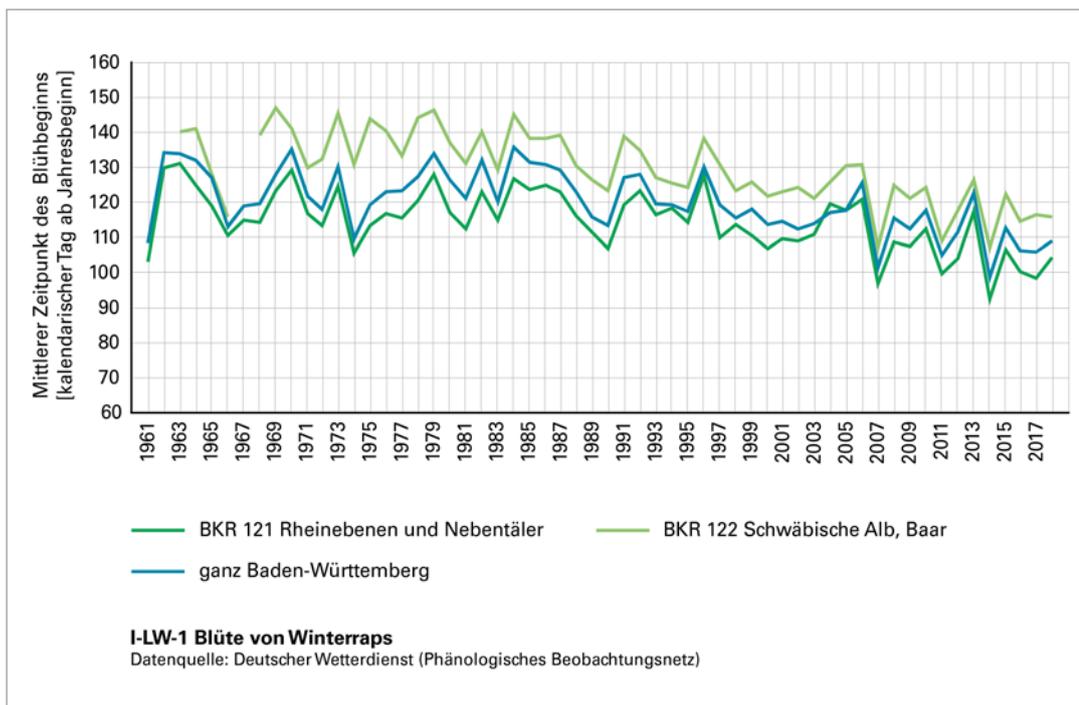
Für den Trend ist der Einfluss der Sortenwahl aber eher gering, denn in gleichem Maße wie sich die Rapsblüte verfrüht hat, setzt auch der Beginn des Erstfrühlings der Phänologie von Wildpflanzen um 9 Tage eher ein.

Die Verlängerung der Vegetationsperiode* ist für die Ertragsentwicklung überwiegend positiv zu werten. Als günstig erweist sich insbesondere, dass Pflanzen bei milderen Frühjahrstemperaturen die aus dem Winter verbliebene Bodenfeuchte früher und damit insgesamt länger nutzen können. Die Früchte können vor dem Einsetzen der Sommerdürre gut ausreifen. Eine Verfrüfung der Blüte bedeutet allerdings auch eine steigende Gefahr von Spätfrostschäden an den Blüten, wie die hohen Schäden durch den Spätfrost im April 2017 insbesondere an Dauerkulturen gezeigt haben. Bestimmte Pflanzen können gewisse Schädigungen verkraften und bilden neue Blühtriebe aus. Spätfröste können zur Verringerung des Fruchtansatzes führen.

Kurz notiert:

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

* Erläuterung siehe Glossar



QUERVERWEISE:

- ▶ I-NA-1: Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten
- ▶ I-LW-2: Ertragschwankungen
- ▶ I-LW-4: Schaderregerebefall



Ertragsschwankungen – relevantes Betriebsrisiko

Der Einfluss des Klimawandels auf die landwirtschaftlichen Erträge ist weltweit ein viel diskutiertes Thema. In der Vergangenheit hatten in Deutschland die Pflanzenzüchtung und produktionstechnische Fortschritte den stärksten Einfluss auf die Ertragsentwicklung. Sie haben in den letzten Jahrzehnten die landwirt-

schaftlichen Erträge bei den meisten Kulturarten ansteigen lassen. So sind die Erträge beim Winterweizen, einer der ökonomisch bedeutendsten landwirtschaftlichen Kulturen, in Baden-Württemberg bis zu Beginn der 2000er-Jahre immer höher geworden, bleiben seither aber in etwa stabil.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Entwicklung der Erträge sind differenziert zu bewerten. Einerseits steigern eine verlängerte Vegetationsperiode und höhere Temperatursummen verbunden mit Kohlendioxid-Düngeeffekten die Erträge. Andererseits führen Trockenstress, Ozonbelastung und Extremereignisse wie Stürme, Starkregen, Hagel sowie 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 und die Wirkung von Spätfrostereignissen wird durch die frühere Entwicklung vieler Pflanzen problematischer. Es gibt Hinweise, dass Grenzen in der Hitzebelastung zumindest regional und bei manchen Kulturen bereits erreicht werden. Besonders kritisch sind sehr hohe Temperaturen in Kombination mit Trockenheit.

Im Gegensatz zur langjährigen Entwicklung der absoluten Ertragshöhen stehen die Schwankungen zwischen den Jahren in einem engen Zusammenhang mit den Witterungsbedingungen. Voraussichtlich stellen diese jährlichen Schwankungen die Landwirtschaft in Zukunft vor größere Herausforderungen als die langfristigen Klimatrends. Auf Letztere können sich



HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

die Betriebe im Ackerbau 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: Kahlfrost im Winter, Dürre im Frühjahr oder Sommer, zu hohe Feuchtigkeit, vermehrter Schaderregerbefall sowie Überschwemmungen während der Reife- phase oder der Erntezeit. Das Jahr 2003 war mit seinen Rekorden an hohen Temperaturen und niedrigen Bodenfeuchten im Juni und August für den Weizen und den Mais ein besonders schlechtes Jahr. Dementsprechend lag der Weizenertrag rund 13% unter dem durchschnittlichen Ertrag der vorangegangenen sechs Jahre. Das Folgejahr 2004 war hingegen ein ideales Getreidejahr mit einem eher kühlen Sommer und ausreichenden Niederschlägen, aber einer trockenen Phase zur Ernte. 2016 war es

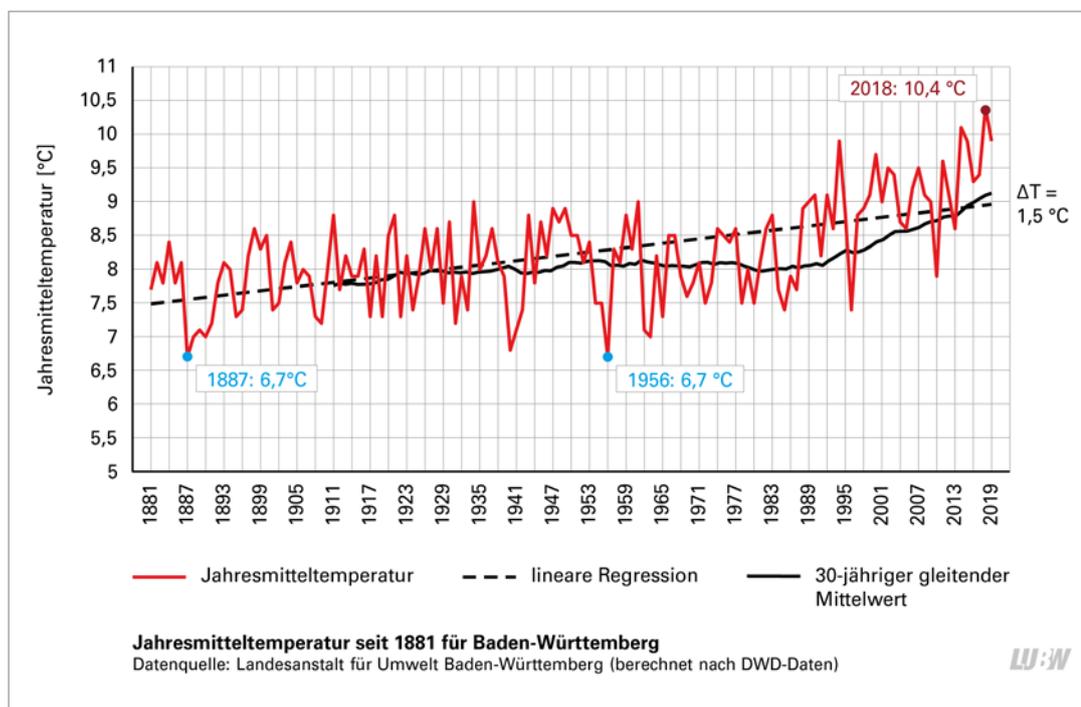
im Frühjahr lange zu kalt, die Monate April bis Juni waren sehr feucht, teilweise kam es auch zu Überschwemmungen. Der Winterweizen- ertrag ist in der Folge massiv eingebrochen.

Im trockenen Jahr 2018 ist Baden-Württemberg im Vergleich zu anderen Bundesländern noch glimpflich davongekommen. Dennoch ist es vor allem auf leichteren, schwächeren Böden im Land zu deutlichen Ertragseinbußen insbesondere beim Mais gekommen. Diese werden in ihrer Tragweite nicht so deutlich, weil das Ertragsniveau der sechs Vorjahre durch die schlechten Maisernten in 2015 und 2016 bereits niedrig war.

In der Zeitreihe lässt sich bisher noch kein signifikanter Trend erkennen, da Extremjahre noch zu selten waren. Mit fortschreitendem Klimawandel ist zu erwarten, dass Extremereignisse zunehmen und infolge dessen Ertragseinbrüche häufiger werden. Eine stetige Anpassung der Feldfrüchte und des technischen Vorgehens wird mit hoher Sicherheit erforderlich sein.

Kurz notiert:

- Der Temperaturanstieg der letzten Jahrzehnte hatte keinen Einfluss auf langfristige Ertragstrends.
- Regional und kultur- spezifisch führen Hitzebelastung und Trockenheit zu Ertragseinbußen.
- Witterungsbedingte starke Ertragsschwankungen zwischen den Jahren sind ein erhebliches Betriebsrisiko.



QUERVERWEISE:

- I-LW-4: Schaderregerbefall
- R-LW-5: Versicherung landwirtschaftlicher Ertragsausfälle
- I-WH-1: Grundwasserstand und Quellschüttung



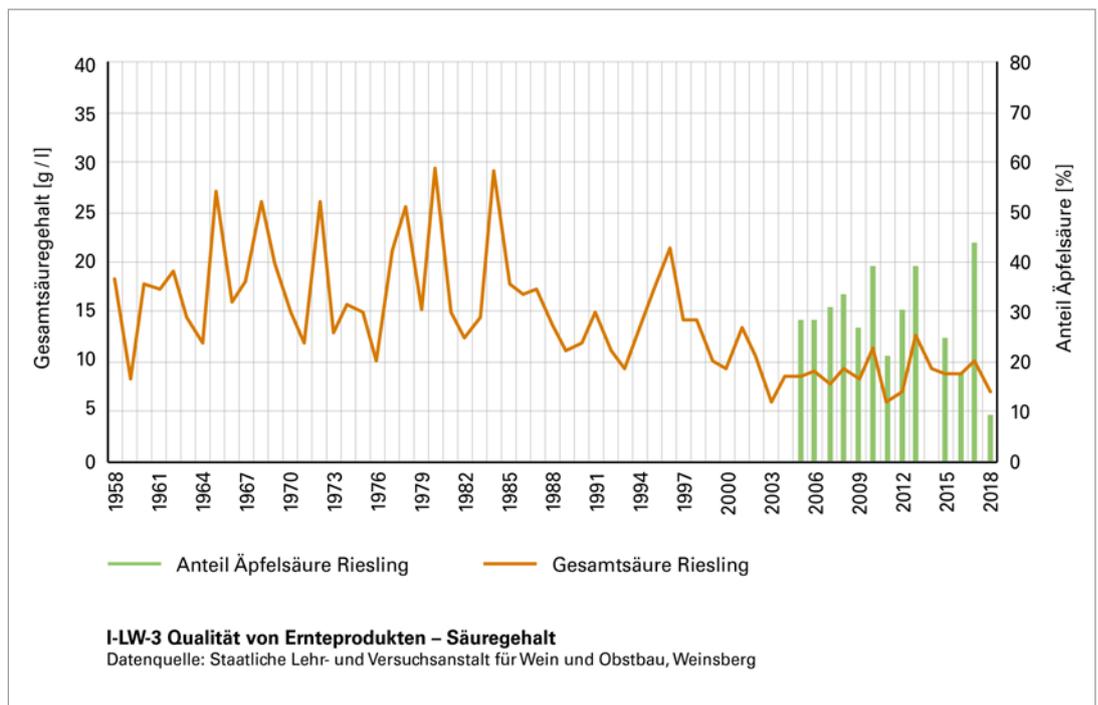
Einfluss auf die Weinqualität

Klima und Witterung haben starken Einfluss auf die Qualität von Ernteprodukten. Bei kaum einem Nahrungs- oder Genussmittel ist die Qualität so relevant wie beim Wein. Das Klima spielt dabei neben den Produktionstechniken eine herausragende Rolle.

Wichtige Parameter sind neben der Aromatik das Mostgewicht und die Säurewerte, die die Qualität eines Weins prägen. Hohe Mostgewichte ergeben einen hohen natürlichen potenziellen Alkoholgehalt der Weine und sind bei Rotweinen für die geschmackliche Nachhaltigkeit verantwortlich. Beim Weißwein werden hingegen moderate Alkoholgehalte nachgefragt. 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 Wasser-

versorgung 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.

Nach Untersuchungen der Staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau in Weinsberg zeichnen sich bereits signifikante Trends ab: Die Gesamtsäure des Rieslings nimmt ab, während die Mostgewichte sowohl von Riesling als auch Trollinger steigen. Der Trollinger profitiert als spätreifende Rebsorte besonders stark von warmer Witterung. Der fruchtigere Riesling verliert hingegen bei steigenden Mostgewichten und sinkenden Säuregehalten an rebsortentypischer Qualität.





HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

Sowohl für das Mostgewicht als auch die Säure gilt allerdings, dass die langjährige Entwicklung stark von anderen Effekten überlagert wird. So führt die seit 1991 geltende Hektarertragsregelung dazu, dass durch das Heraus-schneiden von Trauben gezielt der Ertrag ge-steuert wird, was eine Qualitätserhöhung der verbleibenden Trauben zur Folge hat. Dies ist ein Grund, warum sich die Säuregehalte beginnend mit den 1990er-Jahren auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau eingependelt haben. Ebenso sind die steigenden Oechsle-werte in diesem Zusammenhang zu interpre-tieren, denn mit der Reduzierung der Trauben am Stock kommt es zu einer Konzentration der qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffe in den verbleibenden Trauben. Zudem überprä-gen andere weinbauliche Maßnahmen den zeitlichen Verlauf der Mostgewichte. Hierzu zählen das Erziehungssystem, der Rebschutz, die Begrünung der Böden oder die Entblätte-rung der Traubenzone.

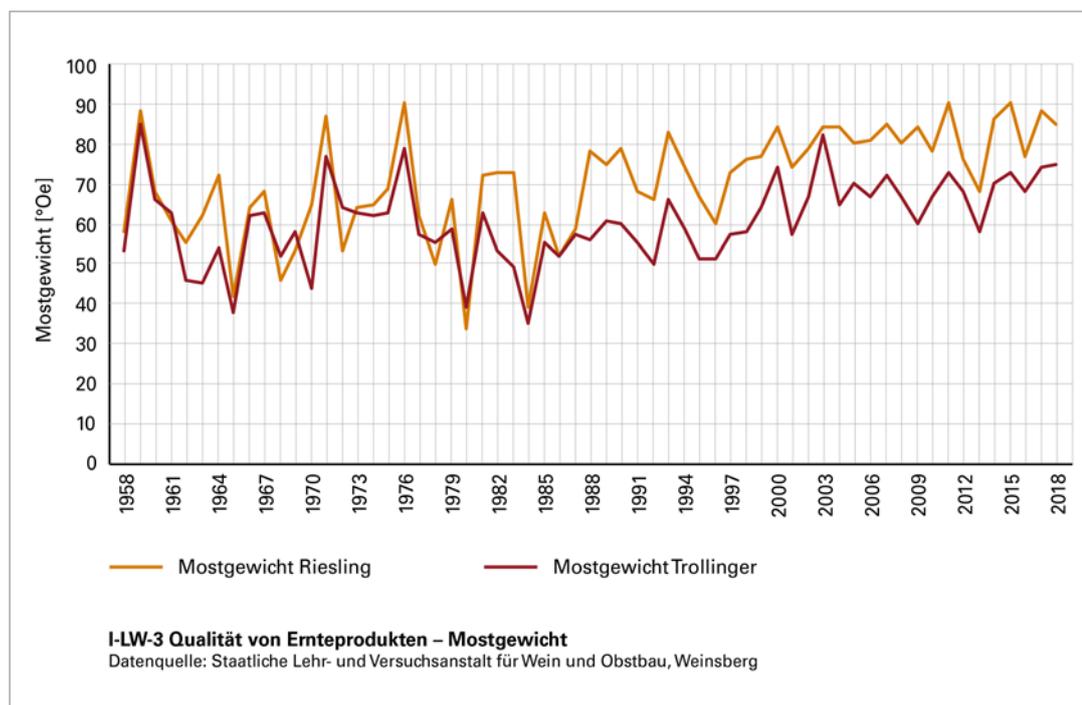
Einzelne Extremwerte der Mostgewichte und Säuregehalte lassen sich jedoch mit wite-

rungsbedingten 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. 2011 gaben ein früher Aus-trieb, 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 gegenläufig ent-wickelt. In warmen Jahren wie 2003 und 2011, die zusätzlich noch besonders trocken waren, hat Trockenstress zum Säureabbau beigetragen. In 2018 waren die Durchschnittstemperaturen bis über den Reifebeginn der Trauben hinaus außergewöhnlich hoch. Dies führte zu einer dramatischen Reduktion der Gesamtsäurewer-te. Das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg kann in solchen Situationen die Säuerung von Wein-trauben, Traubenmost, teilweise gegorenem Traubenmost, Jungwein und Wein zulassen.

Kurz notiert:

- Witterungsextreme haben starken Einfluss auf die Weinqualität.
- Der Riesling leidet unter dem Klimawandel, der Trollinger kann von hohen Wärmesummen profitieren.



QUERVERWEISE:

- I-LW-4 Schädlingsbefall



Stärkere Entwicklung von Schadinsekten

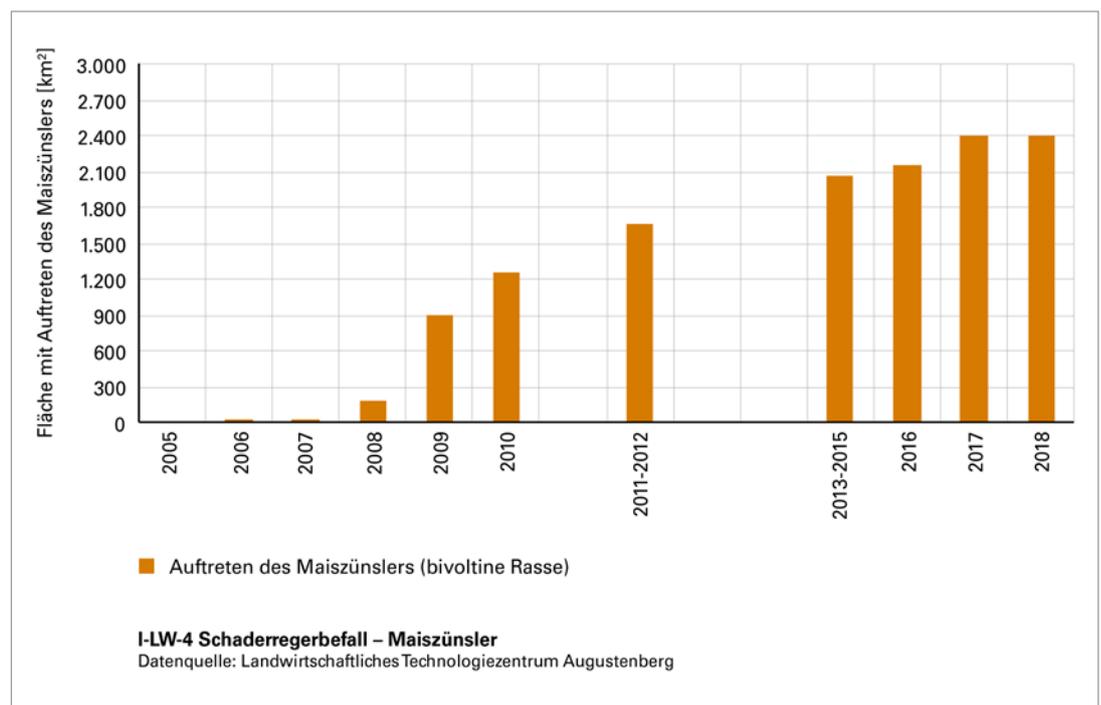
Die Entwicklung von Schaderregern ist stark vom Klima und vom Witterungsverlauf abhängig. Vor allem Insekten können vom Klimawandel profitieren. Andere Arten, beispielsweise viele Pilzarten, die auf Feuchtigkeit angewiesen sind, könnten an Bedeutung verlieren.

Zu den Profiteuren des Klimawandels gehört der Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*), dessen Population einen steigenden Trend aufweist. Mit der Flächenzunahme des Maisanbaus hat sich der univoltine Maiszünsler, der im Jahr nur eine Generation ausbildet, von Süddeutschland bis an die Nord- und Ostsee ausgebreitet. Infolge der Klimaerwärmung wurde 2005 im südlichen Oberrheingraben erstmalig auch der

bivoltine Maiszünsler mit zwei Generationen im Jahr nachgewiesen.

Die Verlängerung der Vegetationsperiode erlaubt es immer mehr Schadinsekten, sich mehrfach im Jahr fortzupflanzen. Die Schäden, die durch die erste Generation des Maiszünslers im Jahr hervorgerufen werden, beschränken sich auf Bereiche des Stängels. Die zweite Generation hingegen schädigt die Maiskolben direkt.

Nach dem erstmaligen Auftreten des bivoltinen Maiszünslers kam es bis 2010 zu einer sehr starken Zunahme der Befallsflächen, da man mit den üblichen Bekämpfungsterminen für die univoltinen Maiszünsler den bivoltinen Typ nicht ausreichend erfasste. Eine konsequente Bekämpfung und die Vermeidung großflächigen und dauerhaften Maisanbaus auf gleichen Flächen konnte die Ausbreitungsgeschwindigkeit seit 2015 nur etwas reduzieren. Ein landesweites Monitoring mit Pheromonfallen ermöglicht nun die Ermittlung



QUERVERWEISE:

- ▶ R-LW-3: Fruchtarten- diversifizierung
- ▶ I-NA-2: Ausbreitung wärmeliebender Insektenarten





HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

optimaler Bekämpfungstermine, über die sich die Landwirtinnen und Landwirte im Internet informieren können. Die biologische Bekämpfung mit *Trichogramma*-Schlupfwespen wird über das Förderprogramm für Agrarumwelt, Klimaschutz und Tierwohl (FAKT) gefördert.

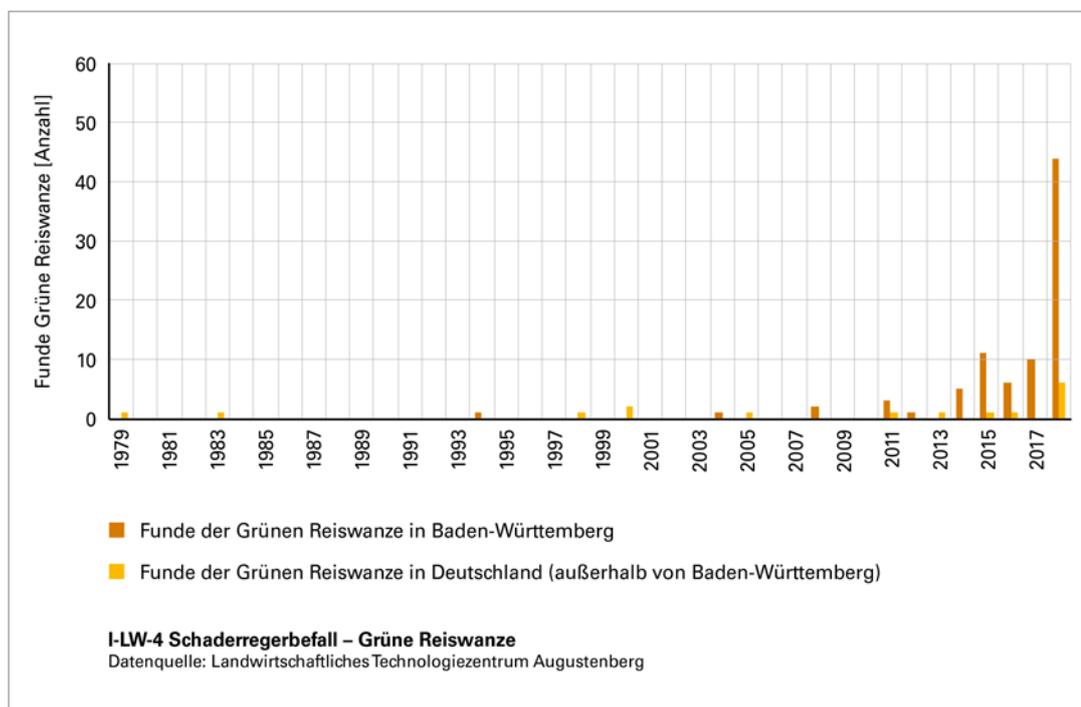
Neben bereits etablierten Schaderregern können sich auch bisher hierzulande unbekannt Arten etablieren und ausbreiten. Baden-Württemberg ist aufgrund des warmen Klimas Eintrittspforte für wärmeliebende Schaderreger. Die Gefahr einer invasiven Ausbreitung ist besonders groß, wenn diese ohne ihre biologischen Gegenspieler verschleppt werden und sich ungehindert vermehren können. Neben den Zikaden profitieren vor allem Wanzen von milderen Wintertemperaturen und heißen Sommern. Die Grüne Reiswanze (*Nezara viridula*) kommt ursprünglich aus Ostafrika, ist aber durch den globalen Handel inzwischen weltweit verbreitet. Ihre Population in Baden-Württemberg ist zuletzt sprunghaft gestiegen. Grüne Reiswanzen ernähren sich von Gemüse-

und anderen Pflanzen wie Himbeeren, Zierpflanzen und Soja. Sie verbreiten sich in Form nicht entdeckter Eiablagen oder zur Eiablage bereiter Weibchen auf befallenen Pflanzen. Bei mittleren Temperaturen von über 5°C überlebt die Grüne Reiswanze als ausgewachsenes Tier den Winter. Dazu verbirgt sie sich an geschützten Stellen in Ritzen oder Gewächshäusern. Die marmorierte Baumwanze (*Halyomorpha halys*), die aus China stammt, ist ebenso von großer wirtschaftlicher Bedeutung.

Die hohe Dynamik der Ausbreitung ist aufgrund des breiten Wirtspflanzenspektrums der Reiswanze von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung. Zudem sind Wanzen generell schwierig zu bekämpfen. Besonders für die Gemüseproduktion im Gewächshaus sind neue Bekämpfungsstrategien zu entwickeln, um den biologischen Pflanzenschutz aufrechterhalten zu können. Derzeit wird untersucht, inwieweit Schlupfwespen (*Trissolcus*) und parasitische Raupenfliegen (*Tachiniden*) als natürliche Gegenspieler wirken können.

Kurz notiert:

- Das Schaderregerspektrum in der Landwirtschaft hat sich durch eine verstärkte Entwicklung von Schadinsekten verändert.
- Der Maiszünsler hat sich ausgebreitet.
- Die Grüne Reiswanze und Marmorierte Baumwanze haben sich etabliert und massiv ausgebreitet.



QUERVERWEISE:

- ▶ I-FW-4: Befall durch Borkenkäfer
- ▶ I-GE-4: Ausbreitung von Krankheitserregern
- ▶ I-NA-2: Ausbreitung wärmeliebender Insekten



Neue Fruchtarten im Ackerbau

Die Klimaerwärmung eröffnet den Landwirtschaftsbetrieben neue Möglichkeiten der Fruchtartenwahl. Wärmeliebende Kulturpflanzenarten, die bisher aufgrund der klimatischen Bedingungen im Anbau begrenzt waren, können – bei ausreichender Nachfrage am Markt – wirtschaftlich interessanter werden. Dies gilt beispielsweise für Mais und Soja, die

von klimatisch besseren Anbaubedingungen profitieren und deren Anbauflächen vor allem ab den 1990er-Jahren signifikant 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 Anbaugbiet für Körnermais entlang des Rheins.

Neben klimatischen Bedingungen spielen aber 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 bis 2007 erklärte. Zwischen 2004 und 2012 beförderte das Erneuerbare-Energien-Gesetz, speziell der Bonus für nachwachsende Rohstoffe (NaWaRo-Bonus), den Wechsel von Körnermais zu Silomais sowie den Neuanbau von Silomais. Im Jahr 2019 ist die Körnermaisbaufläche weiter auf 6,94% der Ackerfläche zurückgegangen. Der Maiswurzelbohrer profitiert von der Erwärmung und hat sich im südlichen Rheintal stark vermehrt. Daher wurde von den zuständigen Landratsämtern eine Allgemeinverfügung erlassen, die den Maisanbau auf zwei von drei aufeinanderfol-



HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

genden Jahren begrenzt. Diese Maßnahme wirkt der weiteren Zunahme und Ausbreitung des Maiswurzelbohrers entgegen.

Soja ist eine besonders wärmeliebende Hülsenfrucht. Wie Mais reagiert allerdings auch Soja empfindlich auf Trockenheit während der Blütephase im Juli. Der Anbau ist noch beschränkt und konzentriert sich bisher auf den Süden Deutschlands, in Baden-Württemberg vor allem auf die klimatischen Gunstlagen in der Rheinebene und den Hügelländern (Gäulagen). Die Anbaufläche von Soja nahm ab 2009 kontinuierlich zu. 2015 gab es eine deutliche, in den Folgejahren wieder geringere Ausweitung der Fläche. In 2019 waren 7.600 Hektar bzw. 0,93 % der Ackerfläche mit Soja bestellt.

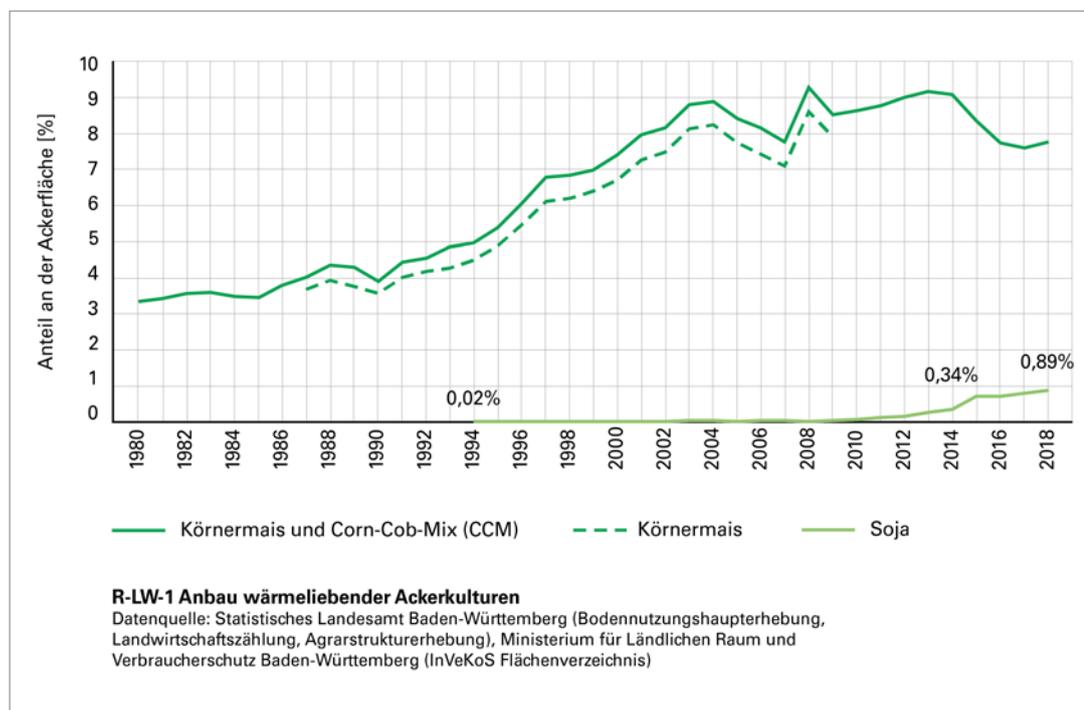
Neben den sich verändernden klimatischen Bedingungen sind auch bei Soja agrarpolitische Rahmenbedingungen wichtige Treiber für die Ausweitung des Anbaus. Von Relevanz sind die Greening-Vorgaben und spezielle För-

derungen. Mit der Eiweißpflanzenstrategie des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft soll der in den letzten 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. Die Initiative läuft noch bis Dezember 2021. Ein Ziel der Initiative ist auch die Erzeugung von gentechnikfreiem Soja als Nahrungs- und Futtermittel aus heimischer Produktion.

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

Kurz notiert:

- Der Mais profitiert von wärmeren Verhältnissen, aber Dürre und Schädlingsbefall setzen ihm zu.
- Der Sojaanbau ist gestiegen, aber noch nicht weit verbreitet.
- Die Entwicklung ist stark von agrarpolitischen Rahmenbedingungen überlagert.
- Wärmeliebende Kulturen wie Hirse und Tafeltrauben können ebenfalls interessant werden.



QUERVERWEISE:

- I-LW-4 Schaderregerebefall – Maiszünsler



Chance für neue Rebsorten

Die Sortenwahl ist 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 Durchwurzelungstiefe,

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 Wärmesummenindex nach Huglin, der die Tagesmittel und -maxima für den Zeitraum 1. April bis 30. September in Abhängigkeit von der geografischen Breite interpretiert, seit Ende der 1980er-Jahre angestiegen. Der über die Weinbaugebiete Baden-Württembergs gemittelte Wert lässt jedoch keinen Vergleich der absoluten Huglin-Indizes* mit den Ansprüchen der jeweiligen Rebsorte zu, da die lokalklimatische 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. Die Häufung von Jahren, in denen wie in 2003, 2009, 2011, 2015 und zuletzt 2018 sehr hohe Wärmesummen auftreten, könnten Anbauentschei-

* Erläuterung siehe Glossar





HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

dungen für wärmeliebende Rebsorten positiv beeinflussen.

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 Aromaprofil der Weine negativ beeinflussen.

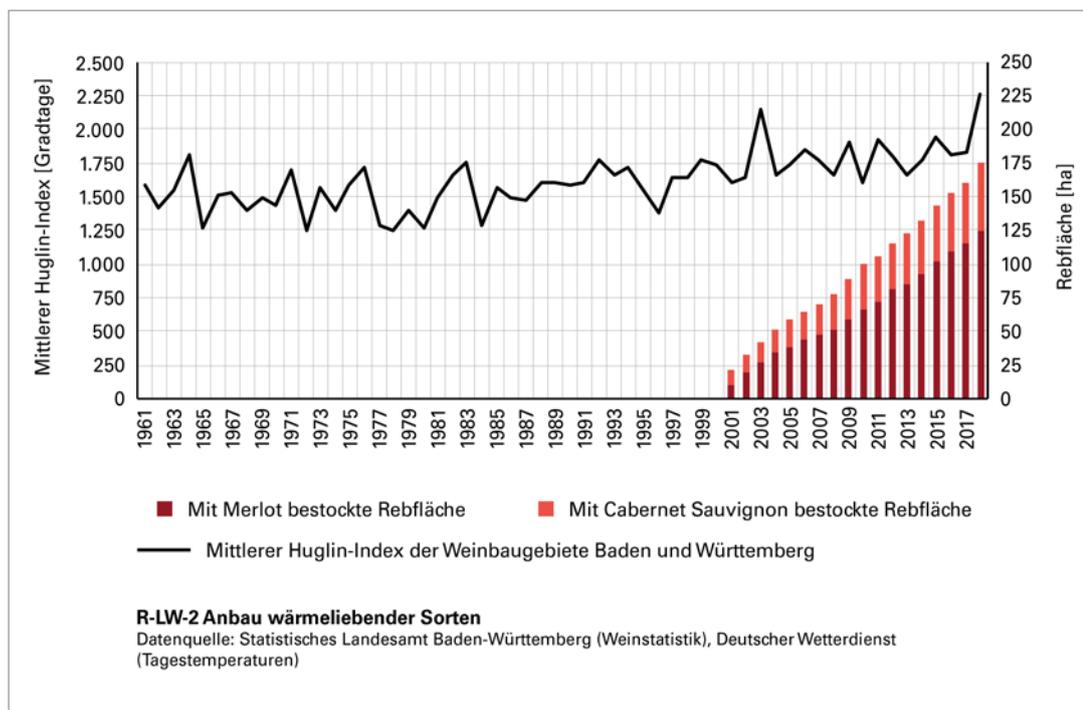
Derzeit sind die mit Merlot und Cabernet Sauvignon bestockten Rebflächen in den beiden Anbaugebieten Baden und Württemberg noch gering und haben eher experimen-

tellen Charakter. Auch 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 Marktnachfrage und die damit verbundenen Vermarktungsmöglichkeiten entscheidend. Die tatsächliche Anbauentscheidung bzw. die Bevorzugung gegenüber anderen Sorten resultiert nicht direkt aus dem Klimageschehen, sondern ist vor allem eine Reaktion auf die Marktnachfrage bzw. dient der Profilierung der Betriebe.

Kurz notiert:

- Der Klimawandel begünstigt den Anbau wärmeliebender Rebsorten.
- Der Huglin-Index ist signifikant gestiegen.
- Die Anbaufläche von Merlot und Cabernet Sauvignon ist signifikant größer geworden.



QUERVERWEISE:

- I-LW-3 Qualität von Ernteprodukten



Fruchtartenvielfalt streut das Risiko

Mit steigender Variabilität der Witterung innerhalb eines Jahres sowie zwischen den Jahren steigt das Produktionsrisiko in der Landwirtschaft. Ferner sind Extreme wie Hitzeperioden, Trockenheit, Starkniederschläge, besonders warme oder auch kalte Winter sowie Spätfrostereignisse Risikofaktoren. Eine größere Fruchtartenvielfalt in räumlicher wie zeitlicher Dimension ist eine geeignete Strategie,

das Risiko von Ertragseinbrüchen zu streuen und eine existenzielle betriebliche Gefährdung zu vermeiden.

Durch die hohen Wintertemperaturen, die lange Vegetationszeit und neu einwandernde wärmeliebende Arten können sich Schadinsekten oder problematische Beikräuter in für sie günstigen Jahren massenhaft entwickeln. Geschwächte Pflanzen, die beispielsweise durch Trockenstress vorgeschädigt sind, werden dann zusätzlich bedrängt oder geschädigt. Eine höhere Diversifizierung der Fruchtarten in der Fruchtfolge reduziert den Schädlingsbefall und verbessert die Wuchsleistung, was hilft, Düngegaben und Pestizideinsatz zu reduzieren. Beispielsweise gibt es für die Rheinebene zur Verhinderung der Ausbreitung des wärmeliebenden Maiswurzelbohrers eine klare Empfehlung zum Verzicht auf Mono-Maisfruchtfolgen und deren Aufweitung durch Alternativkulturen wie Soja und Körnerhirse.

Im Rahmen der Greening-Auflagen der EU-Agrarförderung wird seit 2015 bei den greeningpflichtigen Betrieben eine mindestens drei Anbaufrüchte umfassende Fruchtfolge gefordert. Bis 2015 wurden im Land mindestens viergliedrige Fruchtfolgen im Rahmen der Agrarumweltprogramme MEKA (Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich) gefördert. Während der MEKA II-Förderperiode von 2000 bis 2007 wurden mindestens viergliedrige Fruchtfolgen gefördert, während der MEKA III-Förderperiode von 2007 bis 2014 sowohl mindestens vier- als auch mindestens fünfgliedrige Fruchtfolgen. Seit 2015 sind in FAKT nur noch mindestens fünfgliedrige Fruchtfolgen förderfähig. Dies ist dadurch begründet, dass mit der verpflichtenden Einführung des dreigliedrigen Fruchtwechsels im Greening ein größerer ökologischer Anspruch gewählt wurde, weshalb in der aktuellen Förderperiode nur noch die deutlich darüber hinausgehende, mindestens fünfgliedrige Anbauform förderfähig ist.





HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

Die Förderperioden bilden sich in der gezeigten Zeitreihe deutlich ab. Sie sind jeweils zunächst durch eine Anlaufphase von ein bis zwei Jahren gekennzeichnet. Der Umfang der abgerufenen Fördermittel und Flächen steigt dann mit der Etablierung des Programms. Zum Ende der Periode lässt die Fördertätigkeit wieder nach, da sich die landwirtschaftlichen Betriebe bereits auf die nächste Förderperiode einstellen.

Es ist davon auszugehen, dass die geförderten Flächen mit vielgliedrigen Fruchtfolgen bis 2015 weitgehend deren tatsächlicher Ausdehnung entsprechen.

Zur weiteren Entwicklung der viergliedrigen Fruchtfolge seit 2015 liegen jedoch keine Zahlen vor. Mindestens dreigliedrige Fruchtfolgen sind durch die Auflagen im Greening sicher ab 2015 eher die Regel als die Ausnahme, werden hier aber nicht dargestellt. Mit dem Ausschluss der viergliedrigen Fruchtfolge aus der FAKT-Förderung ist der Umfang der insgesamt geförderten Fläche ab 2015 deutlich zurückgegan-

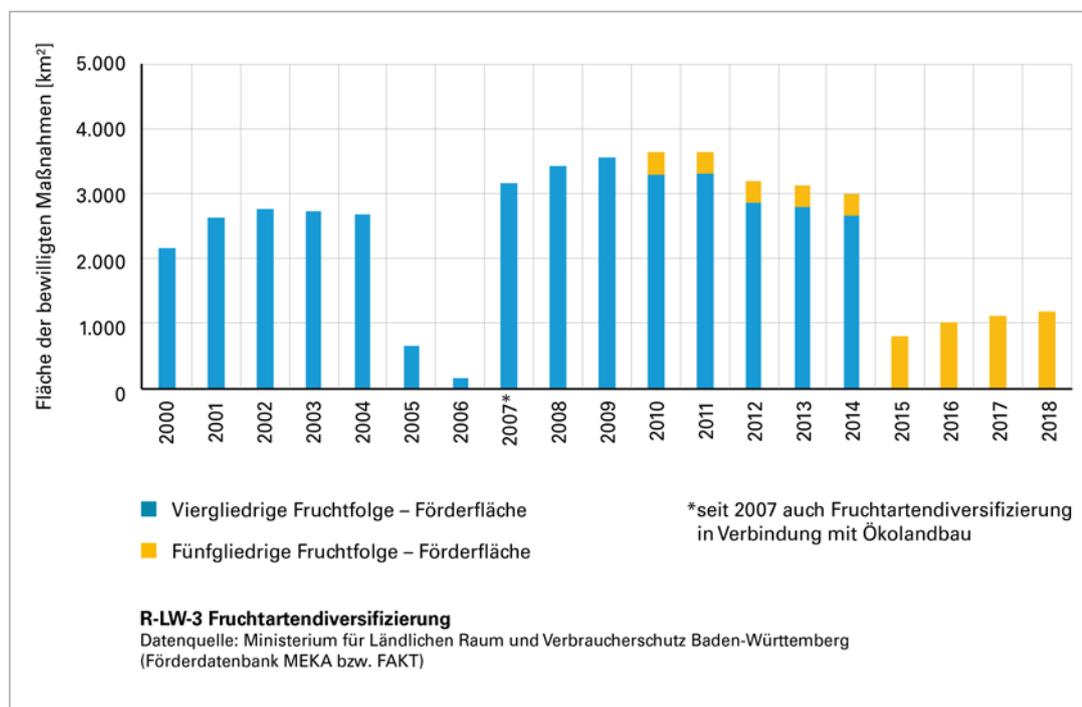
gen. Die Höhe der bewilligten Mittel hat sich jedoch aufgrund einer deutlichen Anhebung der Fördersätze kaum verringert. 2017 erreichten die Auszahlungen für die fünfgliedrige Fruchtfolge mit 7,44 Millionen Euro in etwa das Niveau der Vorperiode.

Neben dem Einbau alternativer Hauptkulturen in die Fruchtfolge, zu denen auch besonders wärmeliebende Fruchtarten wie Soja und Sorghumhirse gehören, dienen auch Zwischenfrüchte, vor allem zur Winterbegrünung, der Fruchtfolgenenerweiterung. Sie fördern zugleich den Erosionsschutz und den Humusaufbau. Beide Effekte dienen auch der Klimawandelanpassung, denn kontinuierliche Bodenbedeckung schützt vor nachteiligen Auswirkungen durch Starkregen, und Humus erhöht die Wasser- und Nährstoffspeicherkapazität.

Aus Sicht des Naturschutzes fördert die Fruchtartendiversifizierung die Biodiversität durch eine räumlich und zeitlich größere Vielfalt an Pflanzen und Strukturen in der Landschaft.

Kurz notiert:

- Mit vielgliedrigen Fruchtfolgen lässt sich das Anbaurisiko streuen.
- Risiken des Klimawandels sind häufigere Extremwetterereignisse, Massenentwicklung problematischer Beikräuter oder Schadinsekten.
- Vielgliedrige Fruchtfolgen werden finanziell gefördert.



QUERVERWEISE:

- ▶ R-LW-1: Anbau wärmeliebender Ackerkulturen
- ▶ R-BO-1: Bodenschonende Anbauverfahren
- ▶ I-LW-4: Schaderregerefall



Mehr Wasser für die Landwirtschaft

Die landwirtschaftliche Produktion lebt vom Wasser. Ohne ausreichende Wasserversorgung lassen sich weder hohe noch stabile Erträge erwirtschaften. Vor allem in der Kartoffel- und Gemüseproduktion sowie bei Sonderkulturen wie Spargel, Erdbeeren oder Saatmais reicht das Regenwasser oftmals nicht aus. In Anbetracht der bereits beobachteten und für die Zukunft projizierten Veränderungen in der

Niederschlagsverteilung sind vor allem ökonomische Gründe für landwirtschaftliche Betriebe ausschlaggebend, sich mit Bewässerungs- und Beregnungseinrichtungen auszurüsten und diese einzusetzen. Landwirtinnen und Landwirte möchten damit ihre Produktion absichern. Lukrativ sind Bewässerung und Beregnung insbesondere dann, wenn auf den Flächen hochwertige Produkte angebaut werden, wenn eigene direkte Vermarktungswege aufgebaut werden oder die Flächen besonders ertragsstark sind, also die finanziellen Verluste bei Ertragseinbußen oder gar -ausfällen besonders gravierend sind.

Für das wachsende Interesse an Bewässerung spielt die zunehmende Spezialisierung und Professionalisierung landwirtschaftlicher Betriebe eine Rolle. Spezialisierte Betriebe sind im Fall von widrigen Witterungseinflüssen wie Trockenheit und Hitze noch stärker darauf angewiesen, ihr Produkt in guter Qualität herzustellen, um kontinuierlich auf dem Markt präsent und konkurrenzfähig zu bleiben und bestehende Liefervereinbarungen beispielsweise mit dem regionalen Lebensmitteleinzelhandel einzuhalten.

Die Datenverfügbarkeit zur landwirtschaftlichen Bewässerung ist bisher begrenzt. Daten aus verschiedenen Statistiken sind nicht vergleichbar. Die hier präsentierten Daten stammen aus der Agrarstatistik. Aktuellere Daten sind nicht verfügbar. Dargestellt sind Zahlen zu den bewässerungsfähigen Betrieben und zur bewässerbaren Fläche. Diese Zahlen beziehen sich jeweils auf das Folgejahr. Die Anzahl von Betrieben, die über Bewässerungstechnik verfügen, hat zwischen 2010 und 2016 deutlich um circa 36% zugenommen. Insgesamt verfügten zuletzt 3.500 und damit rund 8,7% aller landwirtschaftlichen Betriebe über die Möglichkeit der Bewässerung. Auch die bewässerbare Fläche hat zugenommen, allerdings in einem geringeren Maße um rund 25%. Insgesamt konnten 2016 33.400 Hektar landwirtschaftlich



HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

genutzter Fläche bewässert werden. Zu diesen Flächen gehören auch Obstplantagen, die zu Zwecken des Frostschutzes beregnet werden. Der Tatbestand, dass die Zahl der Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit stärker zunimmt als die bewässerbare Fläche, weist darauf hin, dass die teure Bewässerungstechnik auf Flächen mit hoher Produktionsintensität konzentriert wird.

Bevorzugt haben die Betriebe in wassersparende Tropfbewässerung investiert, bei der das Wasser in kleinen Mengen und bodennah ausgebracht wird. Ein Grund ist, dass die Agrarinvestitionsförderung für Bewässerungseinrichtung energieeffiziente und wassereinsparende Technologien vorschreibt. Die Zahl der Betriebe mit Tropfbewässerung hat sich seit 2010 mehr als verdoppelt und übertrifft in 2016 die Zahl der Betriebe mit (Sprinkler-)Anlagen zur großflächigen Beregnung. Auch in Speicherbecken wird zunehmend investiert.

Ob die vorhandene Bewässerungstechnik tatsächlich eingesetzt wird, hängt von den Witterungsverhältnissen im jeweiligen Jahr ab. So

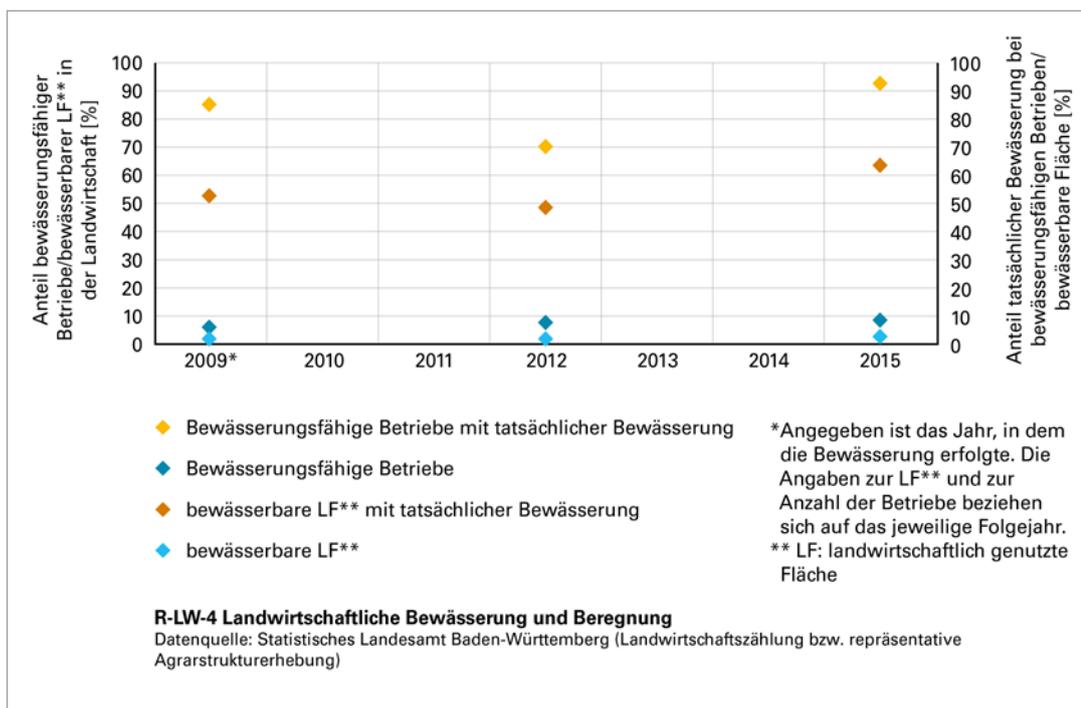
haben im trockenen und warmen Jahr 2015 nahezu alle Betriebe, die über Anlagen verfügen, diese auch eingesetzt.

Bewässerungswasser wird zu annähernd 90% aus Grund- und Quellwasser gewonnen. Wasser aus Oberflächengewässern trägt entsprechend nur einen kleinen Anteil zur Bewässerung bei. Noch ist der Anteil der landwirtschaftlichen Wasserentnahmen für Bewässerung am gesamten Wassereinsatz der Wirtschaft und der öffentlichen Wasserversorgung in Baden-Württemberg mit knapp 0,5% sehr gering. Zudem konzentriert sich die Bewässerung überwiegend auf den Oberrheingraben, wo die Wasserentnahme aufgrund der großen Grundwasservorkommen als eher unproblematisch eingeschätzt wird.

Alternativen zur Bewässerung sind die Wahl trockenstresstoleranter Kulturpflanzenarten und die gezielte Förderung der Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens, zum Beispiel durch den Anbau von Zwischenfrüchten.

Kurz notiert:

- Knapp 9 % aller landwirtschaftlichen Betriebe haben Bewässerungsmöglichkeiten.
- 33.400 Hektar beziehungsweise 2,36 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche können aktuell bewässert werden.
- Der Wasserverbrauch für landwirtschaftliche Bewässerung ist noch gering.



QUERVERWEISE:

- ▶ R-LW-1: Anbau wärmeliebender Ackerkulturen
- ▶ R-BO-1: Bodenschonende Anbauverfahren
- ▶ I-LW-4: Schaderregerefall



Gegen Schäden versichern

Landwirtinnen und Landwirte müssen in Anbetracht des sich verändernden Klimas mit häufigeren Extremereignissen wie Starkregen, Hochwasser, Dürre, Hagel und Stürmen rechnen. Nach Angaben der Versicherer betragen die Schäden durch Wetterextreme in der Landwirtschaft zwischen 1990 und 2013 deutschlandweit schätzungsweise 12,26 Milliarden Euro. Trockenheit und Dürre hatten einen Anteil von 54% an den Gesamtschäden, Hagel 26%. Alle anderen Schadensursachen blieben unter 10%.

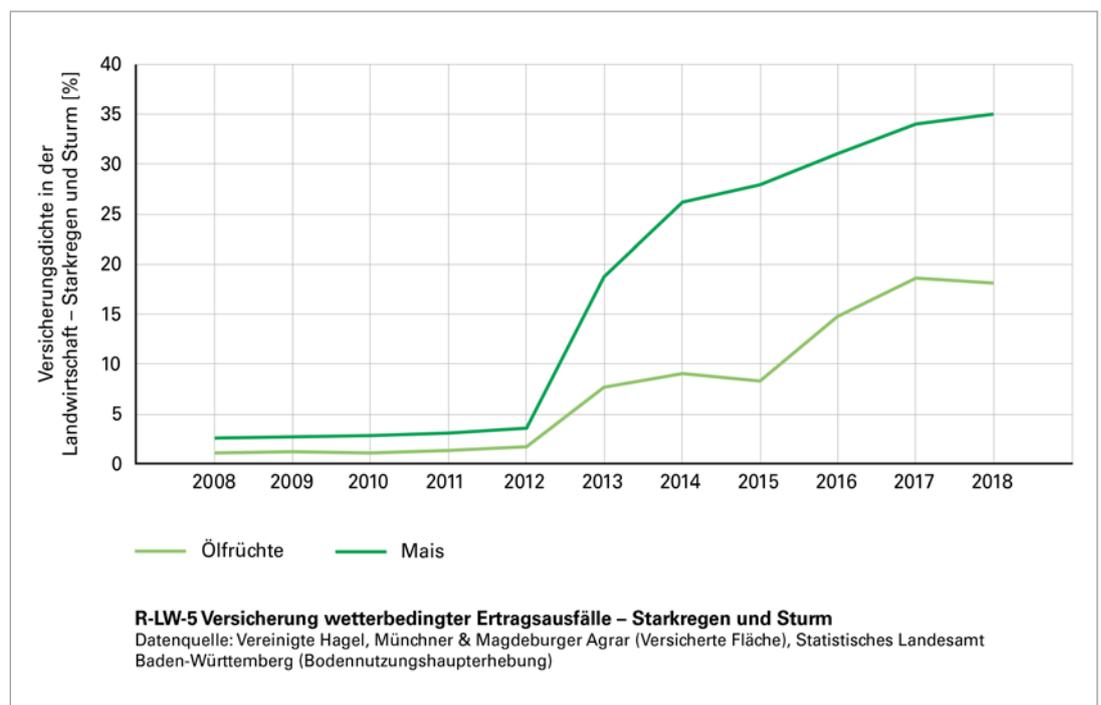
Aufgrund europarechtlicher Regelungen sind staatliche Hilfen für den Ausgleich der Folgen von Naturkatastrophen in der Landwirtschaft nur noch in Ausnahmefällen zulässig. Zudem sollen die Hilfen noch um 50% gekürzt werden, wenn der Betrieb keinen adäquaten Versicherungsschutz abgeschlossen hat. Diese

Regelung ist ein Anreiz, Schutzmaßnahmen zu ergreifen und die angebauten Kulturen zu versichern.

Für die landwirtschaftlichen Betriebe ist es primär eine ökonomische Frage, ob sie technische Schutzmaßnahmen mit Hagelschutznetzen, Beregnungssystemen oder Regen- und Frostschutzabdeckungen ergreifen oder sich versichern.

Grundsätzlich werden inzwischen Versicherungsprodukte für ein breites Spektrum von Gefahren angeboten, aber die Konditionen sind sehr unterschiedlich.

Mit einer Reform der Versicherungssteuer Anfang 2013 wurde die Steuer der landwirtschaftlichen Mehrgefahrenversicherung (insbesondere für Sturm und Starkregen) auf 0,03% der Versicherungssumme deutlich gesenkt. Aufgrund der höheren Attraktivität ist die Versicherungsdichte in der Folge signifikant angestiegen. In Baden-Württemberg gibt es zudem für Wein und Obst inzwischen ein





HANDLUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT

Pilotprojekt zur Förderung von Versicherungsprämien für die Absicherung gegen Sturm, Starkregen und Starkfrost.

Für die Absicherung von Schäden durch Trockenheit wurden bisher 19% Versicherungssteuer auf den Versicherungsbeitrag erhoben, weshalb es hier nach 2013 keine merkliche Zunahme der Abschlüsse gegeben hat. Ab 2020 gilt für dieses Risiko ebenfalls der ermäßigte Steuersatz.

Für die Hagelversicherung ist die Versicherungsdichte nach wie vor signifikant steigend. Sie war bereits vor 2013 mit nur 0,02% der Versicherungssumme besteuert. Für die allgemeinen landwirtschaftlichen Kulturen kann bei den erreichten rund 70% von einer weitgehenden Marktsättigung ausgegangen werden. Bei Wein und noch ausgeprägter bei den Sonderkulturen ist dies hingegen nicht der Fall. Hier ist die Höhe der Versicherungsprämien ein Hemmschuh für eine höhere Versicherungsdichte. Für den Wein stieg die Ver-

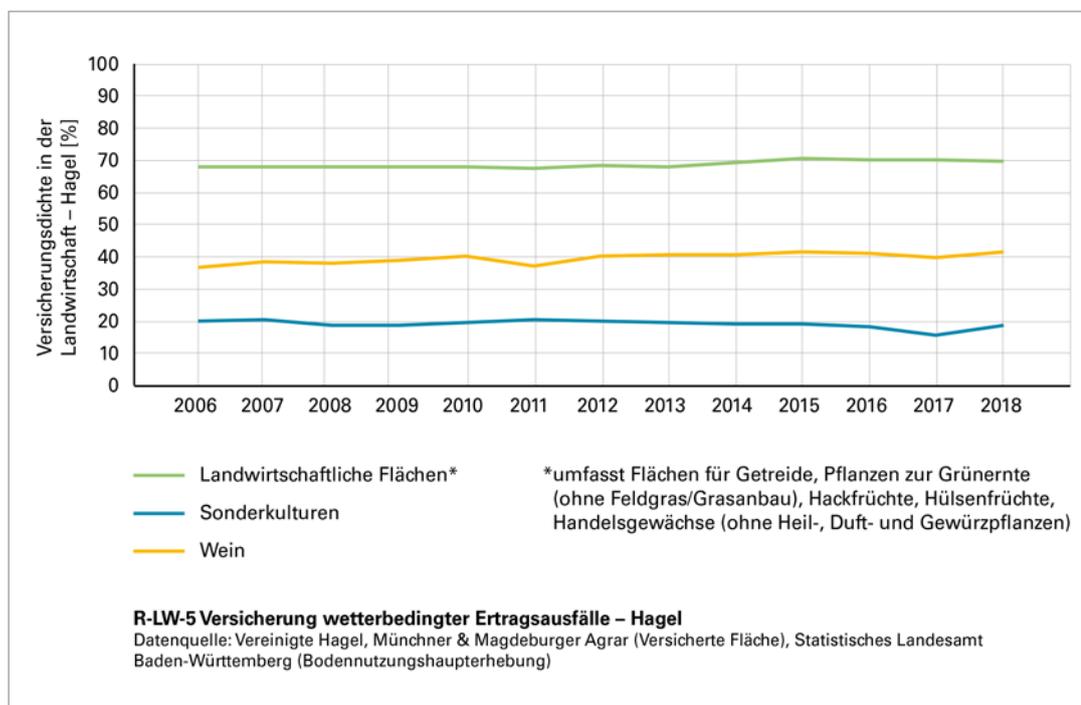
icherungsdichte zwar seit 2006 signifikant, für die Sonderkulturen ergab die Trendanalyse hingegen einen signifikant fallenden Trend.

Für die Bevorzugung technischer Schutzmaßnahmen spricht in vielen vor allem hoch spezialisierten Betrieben, dass sie damit unter (fast) allen Bedingungen ihre Marktpräsenz aufrechterhalten und ihre betrieblichen Infrastrukturen auslasten können. Werden solche technischen Maßnahmen wie die Bewässerung von staatlicher Seite gefördert, wirkt sich das ebenfalls auf die Versicherungsdichte aus.

Über technische Maßnahmen und Versicherungen hinaus haben Landwirtinnen und Landwirte noch eine Vielzahl weiterer Möglichkeiten, ihre Risiken auch bei Extremereignissen zu begrenzen. Standfestere oder trockenheitstolerantere Sorten machen ihre Kulturen weniger anfällig, und mit einer Diversifizierung ihrer Produkte lässt sich eine stärkere innerbetriebliche Risikostreuung erreichen.

Kurz notiert:

- Maßnahmen zur Risikoabsicherung in der Landwirtschaft sind erforderlich.
- Versicherungen und technische Schutzmaßnahmen sind möglich.
- Die Versicherungsdichte gegen Sturm und Starkregen stieg in den letzten zehn Jahren signifikant an.





Handlungsfeld Boden

INDIKATOREN

I-BO-1: Bodenwasservorräte

I-BO-2: Regenwurmfauna

R-BO-1: Bodenpflegende Landwirtschaft





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. Ein gesunder Boden mit einer schützenden Vegetationsbedeckung kann große Mengen Wasser aufnehmen und langfristig speichern. Er ermöglicht die Neubildung sauberen Grundwassers, denn das versickernde Wasser wird durch die Bodenschichten gefiltert. Für land- und forstwirtschaftliche Nutzungen sind gesunde und leistungsfähige Böden die Grundlage, um Lebensmittel, Futtermittel, nachwachsende Rohstoffe und Energiepflanzen nachhaltig produzieren zu können.

Eingriffe durch den Menschen und Umweltwirkungen können die Zusammensetzung und Eigenschaften von Böden verändern. Nachteilige Veränderungen können bis zu ihrer funktionellen Zerstörung führen. In Folge von Verdichtung, fehlender Begrünung oder einem verminderten Bodenleben kann der Boden Wasser nicht mehr gut aufnehmen, Niederschläge fließen oberflächlich ab und führen dabei große Mengen des wertvollen Oberbodens mit sich. 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 Erosion auf einen Schlag Boden verloren gehen, der in Zeiträumen von Jahrzehnten oder gar Jahrhunderten entstanden ist.

Mit Blick auf den Klimawandel sind zwei grundlegende Wechselwirkungen mit Böden zu berücksichtigen. Böden, vor allem organische, humusreiche Böden, wie sie sich häufig unter Wäldern oder unter Grünland finden, sind einerseits wichtige Speicher von Kohlenstoff. Werden diese Böden beeinträchtigt, umgebrochen oder gar zerstört, führt dies zu einem Abbau des Humus und damit zu umfangreichen Emissionen von klimaschädlichem Kohlendioxid. Ebenso führt eine Temperaturerhöhung unter feuchten Verhältnissen zu einem deutlichen Abbau von Kohlenstoff und zu einer vermehrten Freisetzung von Kohlendioxid. Andererseits hat der Klimawandel Folgen für die Böden, ihre Eigenschaften und Funktionen. Weisen Böden beispielsweise nur lückenhaft schützenden Bewuchs auf oder sind sie verdichtet, können zunehmende Starkregen zu mehr Bodenabtrag führen und die Böden können weniger Wasser aufnehmen und speichern. Der Bodenabtrag kann angrenzende Gewässer durch vermehrten Sediment- und Stoffeintrag belasten und weitere Folgen nach sich ziehen. Beispielsweise kann dadurch weniger Wasser als Reserve für in Zukunft längere Dürrephasen in Talsperren gespeichert werden. Zudem kann in solchen Trockenperioden weniger Grundwasser neu gebildet werden, welches eine wichtige Ressource für die Trinkwasserversorgung der Menschen ist.

In diesem aktualisierten Monitoringbericht wird für das Handlungsfeld Boden ein zusätzlicher Indikator präsentiert. Dieser zeigt, in welchem Umfang das Land Baden-Württemberg Landwirtinnen und Landwirte in ihrem Bemühen unterstützt, die Ressource Boden schonend zu bewirtschaften.



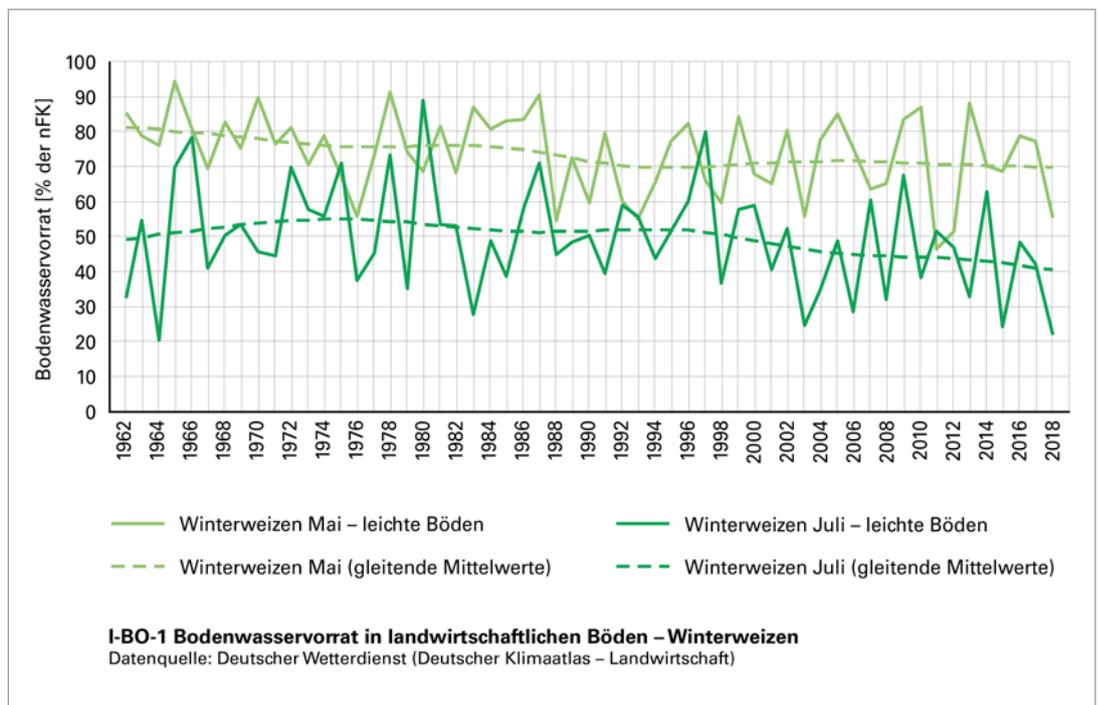
Bodenwasservorrat nimmt ab

Böden spielen im Wasserkreislauf eine bedeutende Rolle. Sie speichern den Niederschlag und filtern das Wasser, bevor es dem Grundwasser zufließt. Die meisten Stoffwechselfprozesse im Boden sind auf Wasser angewiesen. Feuchte Böden verdunsten Wasser und tragen dadurch in der heißen Jahreszeit in ihrem Umfeld zu kühleren Temperaturen bei. Die mit dem Klimawandel verbundenen Veränderungen der Niederschlagsverhältnisse und der Lufttemperaturen 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 – besonders dann, wenn Böden beispielsweise durch Verdichtung vorgeschädigt sind. Eine ausreichende Bodenwasserversorgung in der Wachstumszeit ist jedoch ent-

scheidend, damit sich Wild- und Nutzpflanzen gut entwickeln können. Landwirtschaftliche Kulturen 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 weit verbreitete landwirtschaftliche Kulturen. Der Winterweizen war in 2018 mit rund 26% des Ackerlands die am weitesten verbreitete Fruchtart überhaupt. Die Zuckerrübe wurde zwar nur auf rund 2,6% der Fläche angebaut, ist aber mit Abstand die bedeutendste Hackfrucht.

Betrachtet man die Entwicklung der Bodenwasservorräte im Frühjahr, zeichnet sich deutlicher als im letzten Bericht ein signifikant abnehmender Trend ab. Im Sommer ist bei beiden Kulturen kein stetiger Rückgang nachweisbar. Ein Grund ist, dass zu Beginn der Datenreihe zwei Jahre mit extrem trockenen Sommern stehen (1962, 1964). Beide Jahre gehören zu den zwölf trockensten Sommern seit 1881.





HANDLUNGSFELD BODEN

Seit Ende der 1990er-Jahre fallen die Bodenwasservorräte beim Winterweizen im Juli und bei der Zuckerrübe im September im gleitenden Mittel unter die Marke von 50% der nutzbaren Feldkapazität (nFK)*. Dies ist bei vielen Pflanzenarten mit beginnendem Trockenstress gleichzusetzen. Mehrfach werden auf den leichteren Böden unter Winterweizen im Juli und unter den schwereren Böden unter Zuckerrübe im September sogar Werte unter 30% nFK erreicht. Unter diesen Bedingungen sind die untersuchten Kulturen in jedem Fall Trockenstress ausgesetzt. Jahre mit extremen Witterungsverhältnissen wie die heißen und trockenen Jahre 2003, 2015 und zuletzt 2018 bilden sich in den Zeitreihen deutlich ab.

Mit Blick auf den Winterweizen und die Zuckerrübe sind die jahreszeitlichen Entwicklungen der Bodenwasservorräte differenziert zu bewerten. Für Getreidearten, die sich in den Monaten April bis Juni in der Aufwuchs- und Kornfüllungsphase befinden, ist ein trockenes

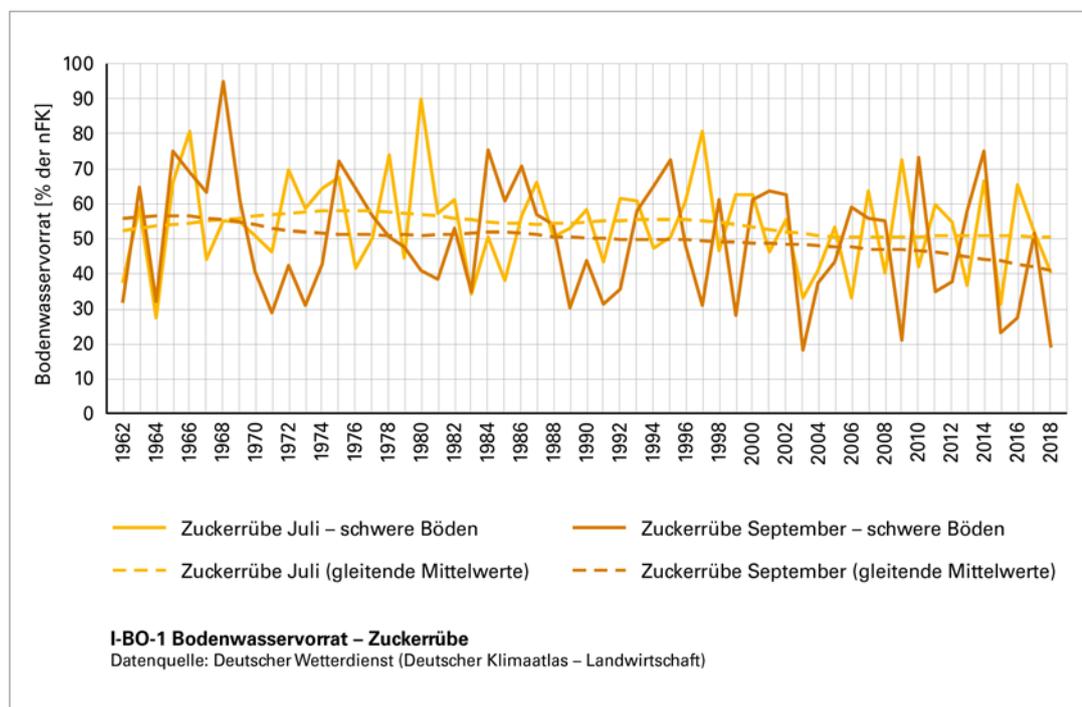
Frühjahr wie im Jahr 2011 schädlich. Herrschen hingegen im Juli, also in der Erntephase des Winterweizens, trockene Bedingungen, ist dies günstig für den Abreifungsprozess. Zu hohe Wassergehalte in dieser Phase steigern die Gefahr von Pilzbefall und minimieren die Erträge. Für die Zuckerrübe ist ein Rückgang des Bodenwasservorrats in der ertragsbestimmenden Aufwuchsphase im Juli und im September problematisch, da die Zuckerrübe bis kurz vor der Ernte noch Biomasse zulegen kann.

Die dargestellten Werte zum Bodenwasservorrat basieren auf Modellierungen des DWD. Grundlage für die Berechnungen sind gemessene Wetterdaten an 18 Stationen im Land. Einflüsse wie Bodeneigenschaften, Bodenbearbeitung, Bewirtschaftung und Pflanzeigenschaften werden bei diesen Modellierungen konstant gehalten. Die Daten bilden damit zwar nicht die realen Bodenverhältnisse ab, die dargestellten Veränderungen sind aber tatsächlich auf Veränderungen der Klimabedingungen und die jahreszeitliche Verteilung von Niederschlag und Verdunstung zurückzuführen.

Kurz notiert:

- Die Bodenwasservorräte haben unter leichten Böden im Mai signifikant abgenommen.
- Ab den 1990er-Jahren fallen die Bodenwasservorräte regelmäßig auf ein Niveau, das für die Pflanzen Trockenstress bedeutet.

* Erläuterung siehe Glossar



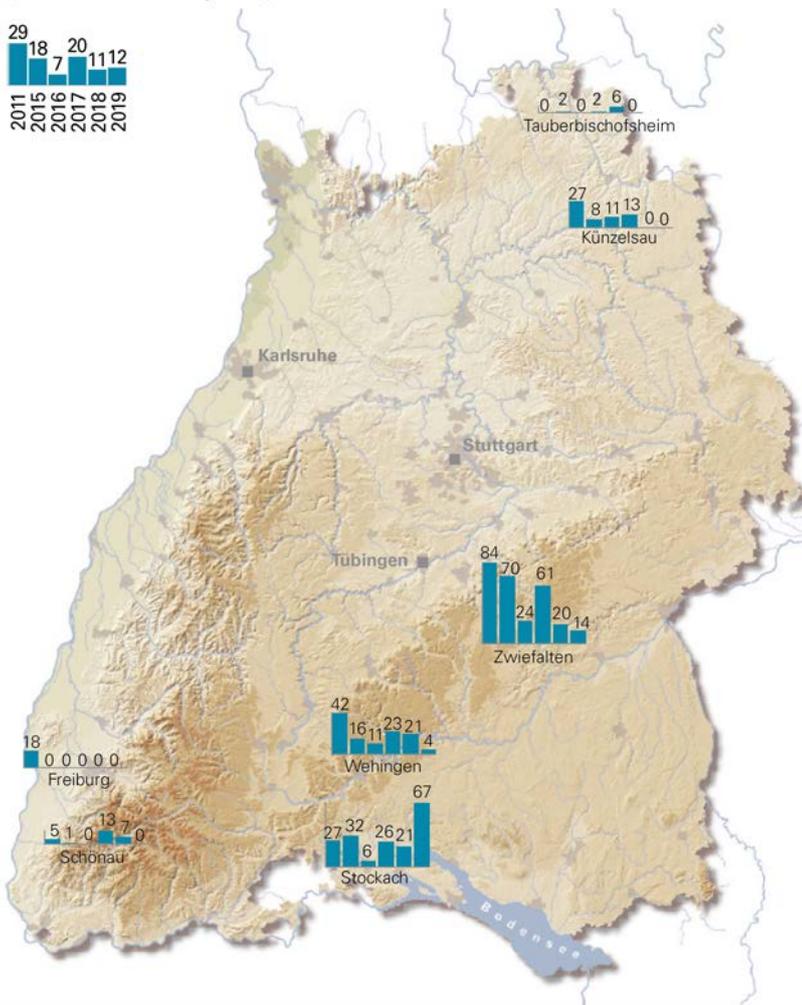
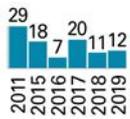
QUERVERWEISE:

- ▶ I-LW-2: Ertragschwankungen
- ▶ R-BO-1: Bodenschonende Landwirtschaft
- ▶ I-WH-1: Grundwasserstand und Quellschüttung



HANDLUNGSFELD BODEN

Biomasse anezischer (tiefgrabender) Regenwürmer [Gramm Frischmasse pro m²]



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

LU:W

Regenwürmer leiden unter Trockenheit

Regenwürmer haben aufgrund ihrer Lebensweise in vielen Böden eine Schlüsselrolle im Nährstoff- und Humuskreislauf. Vor allem tiefgrabende (anezische) Lebensformen wandern zwischen der Bodenoberfläche und dem Unterboden hin und her und lockern mit ihren tiefreichenden Röhren den Boden. Sie transportieren

zudem Humus in tiefere Bodenschichten und erzeugen Strukturen im Boden, die für die Wasser- und Nährstoffspeicherung günstig sind. Dadurch tragen sie dazu bei, dass Wasser auch bei starken Regenfällen schnell in den Boden eindringt, Wurzeln leichter in den Unterboden wachsen und auch in Trockenperioden Wasser und Nährstoffe zur Verfügung stehen. Regenwürmer spielen aufgrund ihrer hohen Biomasse und ihres hohen Eiweißgehalts als Nahrung für viele Tierarten eine große Rolle. Nimmt die Anzahl der Regenwürmer stark ab, kommt es in den Ökosystemen zu erheblichen Störungen. In der Landwirtschaft können deutliche Ertragsverluste die Folge sein.

Der Klimawandel wird unterschiedliche Auswirkungen auf die Regenwürmer haben. An normalen Schwankungen der Witterung sind Regenwürmer angepasst. Extremjahre oder wiederholt trockene Jahre aber sind problematisch, da Regenwürmer bei Trockenheit nicht in der Lage sind, einen konstanten Körperwassergehalt aufrecht zu erhalten und weniger Nahrung finden.

Vor allem die für die Zukunft projizierten wärmeren und meist auch trockeneren Sommermonate sind für sie ungünstig. Profitieren können die Regenwürmer hingegen von milderen Wintern, da sie über einen längeren Zeitraum aktiv sein können und die Verluste durch Frost geringer sind.

Der Indikator stellt Daten zur Regenwurmentwicklung an sieben Waldmessstandorten des Biologischen Messnetzes der LUBW dar. Seit 2011 wird hier unter anderem die Anzahl und die Biomasse der Regenwürmer bezogen auf einen Quadratmeter Fläche erfasst. Zwischen 2011 und 2019 hat sich die Biomasse der tiefgrabenden und oberflächlich lebenden Regenwürmer demnach im Mittel aller Standorte mehr als halbiert. Besonders deutlich waren die Rückgänge in den Trockenjahren 2015 und 2018. Eine Ausnahme stellt der Standort Stock-





HANDLUNGSFELD BODEN

ach für die tiefgrabenden Arten dar. Möglicherweise haben hier lokale Niederschläge die Situation in 2018 entschärft. Bei der Probenahme in 2018 wurde hier der höchste Feuchtwert aller Standorte registriert.

Die unterirdisch lebenden (endogäischen) Regenwürmer, die sehr selten an die Oberfläche kommen und 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.

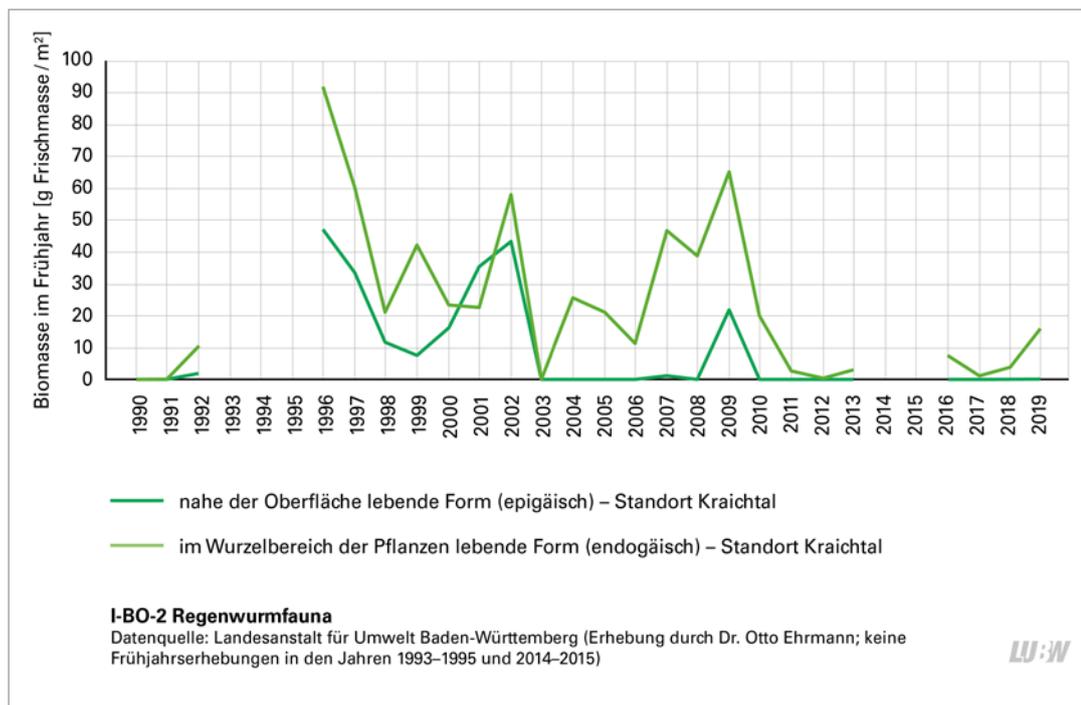
Langjährige Beobachtungen der Regenwurmpopulation auf einer Grünlandfläche im Kraichtal zeigen vergleichbare Ergebnisse, aber in verstärkter Form und über einen längeren Zeitraum hinweg. Aufgrund der Lage im Offenland, den flachgründigen Böden und der Niederschlagsarmut in diesem Gebiet sind die Lebensbedingungen für Regenwürmer in Trockenjahren hier besonders schlecht. Nach den extrem trockenen Jahren 1990, 2003 und 2011 ist die Po-

pulation eingebrochen und hat sich seither nicht mehr nennenswert erholt. Selbst die unter der Bodenoberfläche lebenden Arten reagierten hier deutlich, konnten die Populationen bis zur Dürre 2011 aber immer wieder aufbauen. Sie erreichen jedoch nicht mehr die Biomasse früherer Jahre.

Andere, nicht klima- und witterungsbedingte Faktoren haben für diese Entwicklungen eine geringere Bedeutung. So spielt die Bodenversauerung nur dann eine große Rolle, wenn der pH-Wert des Bodens unter 3,8 sinkt. Tiefgrabende Regenwürmer können unter diesen Bedingungen mittelfristig nicht überleben. Sie sterben an den betroffenen Standorten aus. Oberhalb eines pH-Wertes von etwa 3,8 beeinflussen vor allem die Bodenfeuchte im Laufe des Jahres und insbesondere lang anhaltende Trockenheit, wie sich die Regenwürmer entwickeln. Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass in Zukunft die sich ändernden Klima- und Witterungsverhältnisse einen zentralen Einfluss auf die Entwicklung der Regenwürmer haben werden.

Kurz notiert:

- Nach trockenen Jahren sind die Regenwurmpopulationen eingebrochen.
- Nach den Extremjahren 2003 und 2018 konnten sich die Populationen nicht oder nur schwer erholen.
- Seit 2011 sind tiefgrabende Regenwürmer im Mittel stark zurückgegangen.





Bodenpflegende Landbewirtschaftung

Unter den Vorzeichen des Klimawandels werden Maßnahmen immer wichtiger, die den Boden schützen und seine Leistungsfähigkeit für Mensch und Natur sichern. Viele Maßnahmen zum Schutz des Bodens setzen dabei an der landwirtschaftlichen Praxis an. Insbesondere Betriebe des Pflanzenbaus, vom Ackerbau bis

zum Obst- und Gartenbau, nutzen den Boden als Produktionsmittel und bearbeiten ihn regelmäßig. Sie können daher sehr unmittelbar darauf hinwirken, dass Böden gegen Abtrag, Austrocknung und andere nachteilige Folgen einer intensiven Nutzung und des Klimawandels geschützt sind.

Zukünftig könnte es mehr Starkregentage geben und damit das Risiko für Bodenerosion und Humusverlust ansteigen. Mit diesen Prozessen geht einher, dass Nährstoffe, zum Beispiel Nitrate oder Schadstoffe ausgewaschen werden und in Bäche, Flüsse, Seen oder in das Grundwasser gelangen. Häufige intensive Bodenbearbeitung und steigende Temperaturen führen beispielsweise dazu, dass Humus schneller abgebaut wird und seine wertvolle Rolle bei der Wasser- und Nährstoffspeicherung sowie -bereitstellung nicht mehr erfüllen kann.

In der Landwirtschaft sind somit bodenpflegende Bewirtschaftungsweisen gefragt, die die Humusbildung fördern, die Fixierung von Nährstoffen unterstützen und Erosionsrisiken mindern. Bodenschonende Bearbeitungsverfahren sind zum Beispiel das Strip-Till-Verfahren, die Mulchsaat oder die Etablierung von Untersaaten. Erosionsmindernd wirkt besonders, wenn Böden dauerhaft mit Vegetation bedeckt sind. Dafür gilt es vor allem, bestehendes Dauergrünland zu erhalten oder Böden unter Dauerkulturen zu begrünen. In hängigem Gelände können Erosionsschutzstreifen angelegt werden.

Eine wirksame Maßnahme zur Bodenpflege ist auch der Anbau von Zwischenfrüchten. Sie schützen und festigen die Bodenoberfläche, reduzieren den oberflächennahen Wasserabfluss und verringern den Abtrag von Bodenpartikeln. Außerdem binden die Zwischenfrüchte Nährstoffe und verhindern, dass beispielsweise Nitrate in den Wasserkreislauf gelangen. Sie unterstützen darüber hinaus meist die Humusbildung und fördern das Bodenleben.



HANDLUNGSFELD BODEN

Der Anbau von Zwischenfrüchten als Herbst- oder Winterbegrünung ist für landwirtschaftliche Betriebe mit einem erhöhten Bearbeitungsaufwand verbunden. Deswegen und angesichts der positiven Effekte unterstützt das Land Baden-Württemberg den Anbau von Zwischenfrüchten auf landwirtschaftlichen Anbauflächen bereits seit vielen Jahren durch seine Agrarumweltprogramme, von 1994 bis 2014 im Rahmen von MEKA und seit 2015 durch FAKT.

Wieviel landwirtschaftliche Fläche in den Genuss der Förderung kommt, hängt vom Zugschnitt der Programme ab. Beispielsweise wurde die Winterbegrünung in der Vergangenheit nur in MEKA II (2001–2007) gefördert. In FAKT wurde die Förderung unter dem Gesichtspunkt des Wasserschutzes wieder aufgelegt.*

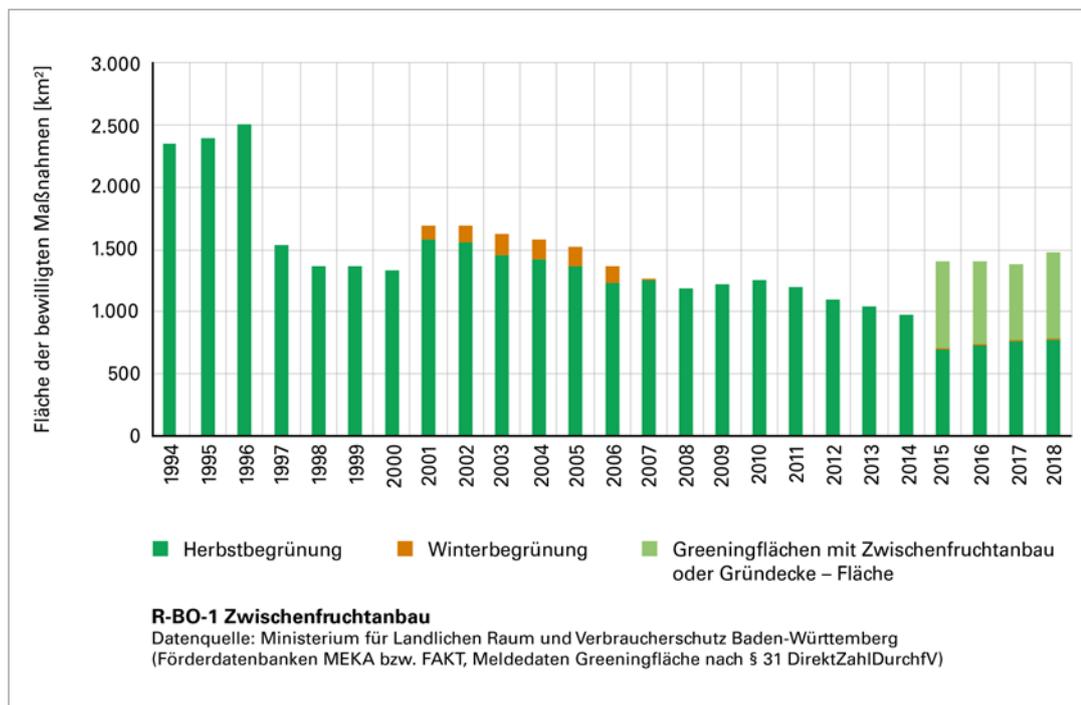
Insgesamt sind die durch Agrarumweltprogramme geförderten Flächen und die bewilligten Fördermittel tendenziell rückläufig. Die Fördervoraussetzungen, Auflagen und Prämiensätze ändern sich von Förderperiode zu Förderperiode. Diese beeinflussen die freiwillige Teilnahme an den jeweiligen FAKT-Teilmaßnahmen. Laut Umfrage seien die Prämien im Verhältnis zum Aufwand eher gering und es drohen Sanktionen, wenn die Maßnahmen nicht korrekt durchgeführt werden.

Grund für die deutliche Reduktion der geförderten Fläche in 2015 ist die Einführung von ökologischen Vorrangflächen, die im Rahmen des sogenannten Greenings in der Agrarreform 2015 verankert wurden. Die Gesamtfläche von FAKT und Greening liegt also seit 2015 bei etwa 1.400 Quadratkilometer. Die Fläche mit Zwischen- und Winterbegrünung ist damit zuletzt wieder deutlich angestiegen.

Kurz notiert:

- FAKT-Förderung von Herbst- und Winterbegrünung schützt Böden vor Klimafolgen.
- Die im Programm FAKT geförderte Fläche ist zurückgegangen.
- Die Gesamtfläche mit Zwischenfruchtanbau ist durch das Greening seit 2015 wieder angestiegen.

* Flächen über gefährdeten Grundwasserkörpern nach der europäischen Wasserrahmenrichtlinie



QUERVERWEISE:

- R-LW-3: Fruchtarten-diversifizierung



Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität

INDIKATOREN

I-NA-1: Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten

I-NA-2: Ausbreitung wärmeliebender Insektenarten

I-NA-3: Flechten als Klimawandelindikatoren





In Baden-Württemberg kommen nach einer groben Schätzung rund 50.000 Arten wildlebender Tiere und Pflanzen vor. Diese biologische 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 über Jahrtausende 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, weil sich beispielsweise ihr Lebensraum räumlich ausweitet. Bei den Brutvögeln geht man beispielsweise davon aus, dass Zwergohreule, Alpensegler, Bienenfresser, Orpheusspötter und Zaunammer vom Klimawandel profitieren und ihr Vorkommensgebiet erweitern. Negative Auswirkungen sind viel schwerer zu fassen, denn verschiedene Faktoren wirken zeitgleich und lassen sich nicht unbedingt voneinander trennen. Auch kommt es zu Kettenreaktionen: Wenn beispielsweise bestimmte Insekten vom Klimawandel betroffen sind, kann sich das negativ auf Insekten fressende Tiere auswirken oder auch auf den Verbreitungserfolg bestimmter Pflanzen, da die Bestäuber fehlen.

Viele Arten und Lebensräume sind schon heute in Baden-Württemberg durch die nachteiligen direkten oder indirekten 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 Artengrup-

pen 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 circa 37% als aktuell gefährdet, weitere 13,5% stehen auf der Vorwarnliste. Der Klimawandel kann diese Gefährdungssituation weiter verschärfen, aber auch manche Arten fördern.

Die sich langsam ändernden Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse haben zunächst keine offensichtliche Wirkung. Viel gravierender und direkter wirken sich zuerst Extremereignisse wie Hitzeperioden, Starkregenereignisse, späte Frostereignisse oder Stürme auf die Individuen und Populationen von Pflanzen und Tieren und damit auf die Ökosysteme aus. Auch stellen die ausbleibenden längeren Frostperioden manchen Arten vor Probleme, denn sie brauchen einen bestimmten Kältereiz, um sich im Frühjahr entwickeln zu können. Insekten können verfrüht aus der Winterstarre aufwachen und finden dann keine Nahrung. Die Schneearmut birgt weitere Risiken, denn eine Schneeschicht wirkt schützend gegenüber stärkeren Frostereignissen. So überraschend es klingt, aber das Risiko zu erfrieren steigt durch die warmen und schneearmen Winter für die Tier- und Pflanzenwelt eher an.

Aufgrund der hohen Geschwindigkeit, in der sich das Klima ändert, ist die natürliche Anpassungsfähigkeit zahlreicher Arten von Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen überfordert, und sie können in ihren bisherigen Lebensräumen nicht mehr existieren. Arten, die zu Wanderungen fähig sind, können nach geeigneten Ersatzlebensräumen suchen. Erfolgreich ist diese Strategie aber nur, wenn genügend Zeit bleibt und eine Wanderung oder Ausbreitung nicht durch Barrieren wie etwa Verkehrswege behindert wird. Eine wesentliche Gegenmaßnahme ist die Stärkung und der Ausbau des landesweiten Biotopverbunds, einem Arbeitsschwerpunkt der Naturschutzverwaltung für die nächsten Jahre. Die Landesregierung stellt dafür umfangreiche Finanzmittel bereit.



Wildpflanzen blühen immer früher

Das Wachstum und die Entwicklung von Pflanzen folgen im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Rhythmen, die in starkem Maße von Witterung und Klima abhängen. Ausschlaggebend sind dabei nicht einzelne Wetterereignisse, sondern die Temperatur-, Strahlungs- und Niederschlagsverhältnisse über mehrere Wochen. Veränderungen dieser Rhythmen und die Auswirkungen von sich ändernden Witterungs- und Klimabedingun-

gen auf Pflanzen und Tiere lassen sich mit der Beobachtung phänologischer Phasen*, die an Entwicklungserscheinungen wie Blattentfaltung, Blüte und Fruchtreife sowie Fortpflanzung festgemacht werden, erfassen.

Bei Pflanzen beeinflussen Faktoren wie Bodenfeuchte, Nährstoffverhältnisse, Schädlingsbefall, Krankheiten, Pflanzenalter und genetische Ausstattung die phänologischen Reaktionen. Die deutliche Verschiebung phänologischer Phasen über viele unterschiedliche Beobachtungsstandorte und lange Zeiträume hinweg lässt sich klar auf die veränderten klimatischen Verhältnisse zurückführen und ist laut Trendanalyse signifikant.

Phänologische Daten werden seit 1951 vom DWD nach einheitlichen methodischen Standards erfasst und archiviert. Für die Phasen Spätherbst und Winter (zum Jahresende) gibt es in den Zeiträumen 1951–1980 und 1961–1990 für Baden-Württemberg keine Daten.

Die Dauer der Winterphase nach Jahresbeginn verkürzt sich zugunsten des Frühlings im Vergleich der Zeiträume 1951–1980 und 1989–2018 um rund 6 Tage. Dadurch ergibt sich eine Vorverlagerung der Frühlingsphasen Vorfrühling (Blüte Huflattich), Erstfrühling (Blüte Buschwindröschen) und Vollfrühling (Blattentfaltung Stieleiche). Dies hängt vor allem mit der Temperaturerwärmung im Winter zusammen, die Frühjahrsgeophyten, Bäume und Sträucher früher blühen lässt. Die Dauer des Frühlings verkürzt sich zugunsten des Sommers um knapp 6 Tage.

Der Frühsommer setzt mit der Blüte des Schwarzen Holunders beim Vergleich der oben genannten Zeiträume um mehr als 11 Tage früher ein. Grund ist vor allem die frühere und stärkere Erwärmung von April bis August, die die Entwicklung der Pflanzen vorantreibt. Die Dauer des Sommers (Frühsom-

* Erläuterung siehe Glossar





HANDLUNGSFELD NATURSCHUTZ UND BIODIVERSITÄT

mer, Hochsommer und Spätsommer) hat sich bis heute gegenüber dem ersten Beobachtungszeitraum mit knapp einem Tag Verkürzung wenig verändert. Der Frühherbst (Beginn der Fruchtreife Schwarzer Holunder) setzt im Periodenvergleich um 12 Tage früher ein, da sommerlicher Hitzestress und Trockenheit die Fruchtreife und die herbstliche Blattverfärbung sowie -alterung beschleunigen. Der Herbst mit seinen zwei über den Gesamtzeitraum vergleichbaren Phasen „Frühherbst“ und „Vollherbst“ erfährt zudem eine deutliche zeitliche Ausdehnung um 15 Tage; der Winter setzt später ein.

Mit den beschriebenen Phasenverschiebungen kommt es insgesamt zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode um knapp 9 Tage (ohne Berücksichtigung des Spätherbstes). Im Unterschied zum letzten Monitoringbericht, in dem der Zeitraum 1986–2015 als Vergleichsperiode herangezogen wurde, hat sich der Winter in der aktuellen Periode 1989–2018 um weitere 2 Tage verkürzt.

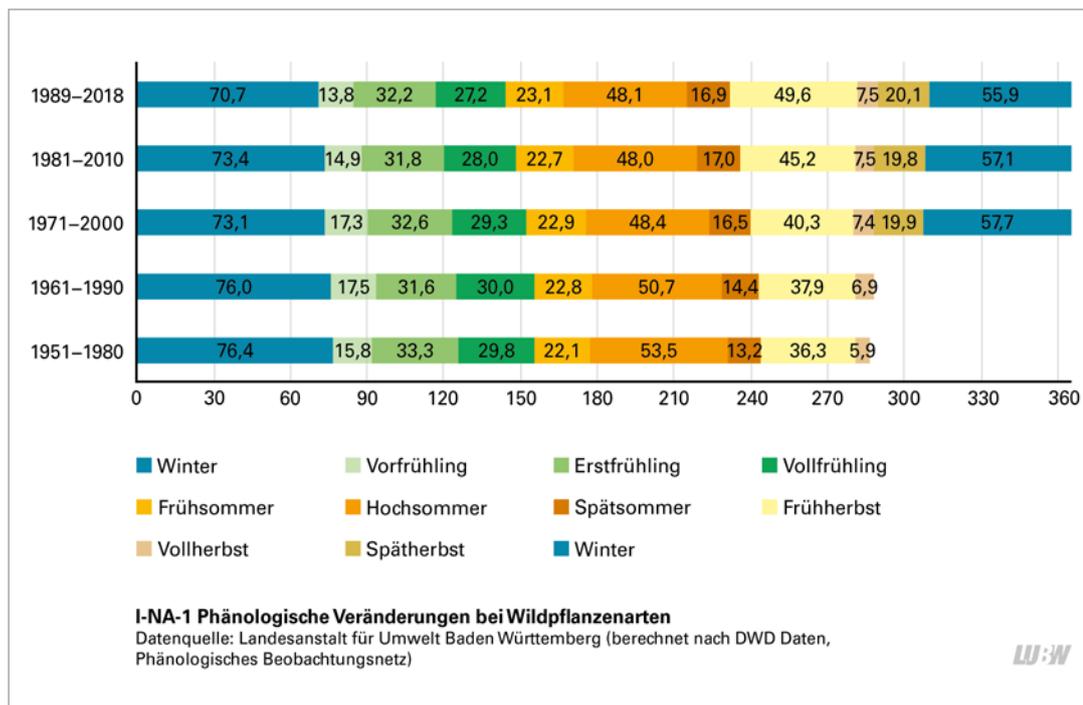
Die frühe Entwicklung der Pflanzen macht sie anfälliger gegenüber Spätfrost. Tiere können unter Umständen an Kälte oder Nahrungsmangel sterben, wenn sie durch eine frühe Entwicklung nicht mehr durch die Mechanismen der Winterruhe geschützt sind oder noch nicht genügend Nahrung finden.

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

Phänologische Veränderungen lassen sich auch bei Zugvögeln beobachten. Dort werden beispielsweise eine frühere Rückkehr aus dem Winterquartier sowie vorgezogene Bruttermine und Mehrfachbruten registriert.

Kurz notiert:

- Der phänologische Frühling setzt im Vergleich der Zeiträume 1951–1980 und 1989–2018 um rund 6, der Sommer um mehr als 11 und der Herbst um 12 Tage früher im Jahr ein.
- Durch den längeren Herbst und den verkürzten Winter hat sich die Vegetationsperiode um mindestens 9 Tage verlängert.



QUERVERWEISE:

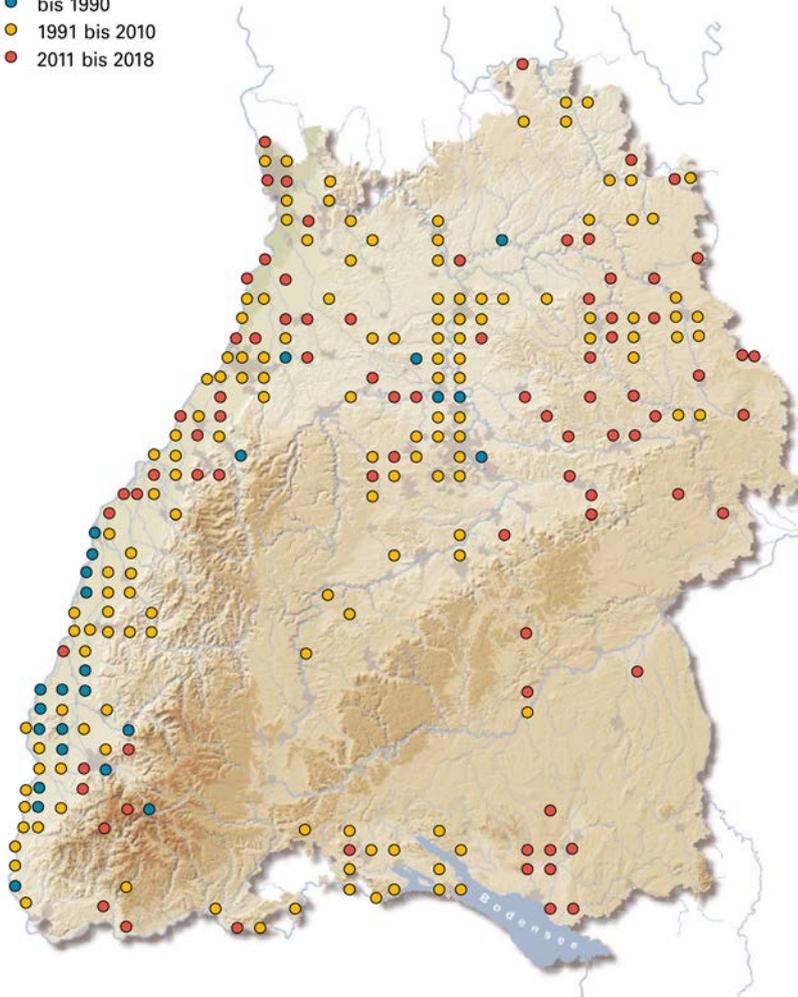
- I-LW-1: Blüte von Winterraps
- I-NA-2: Ausbreitung wärmeliebender Insektenarten
- I-LW-4 Schad-erregerbefall



HANDLUNGSFELD NATURSCHUTZ UND BIODIVERSITÄT

Funde *Halictus scabiosae*

- bis 1990
- 1991 bis 2010
- 2011 bis 2018



I-NA-2: Ausbreitung wärmeliebender Insektenarten
Ausbreitung der Gelbbindigen Furchenbiene
Grundlage: © LGL BW, LUBW

LU:W

Wärmeliebende Tierarten profitieren vom Klimawandel

Das Klima nimmt auf vielfältige Weise Einfluss auf das Verhalten sowie die Fortpflanzung, Konkurrenzfähigkeit und Nahrungsbeziehungen von Tierarten. Hierdurch können sich deren Verbreitungsgebiete räumlich verlagern. Die Artenzusammensetzung und Struktur ganzer Ökosysteme können sich verändern.

Den Ergebnissen von Klimaprojektionen zufolge werden sich für viele in Baden-Württemberg vorkommende Arten die klimatisch geeigneten Lebensräume nach Norden und Osten, in höhere Lagen der Gebirge oder entlang von Feuchtgradienten verschieben. Der Klimawandel kann Arten gefährden, wenn ihre Verbreitungsgebiete schrumpfen oder sie keine neuen Lebensräume besiedeln können, weil ihre Ausbreitung behindert ist. Insbesondere wärmeliebende Arten werden vom Klimawandel profitieren, während die kältetoleranten Arten weiter unter Druck geraten.

Insekten reagieren sehr unmittelbar auf Witterungs- und Klimaänderungen und sind daher gute Zeiger für die klimabedingte Veränderung von Lebensräumen. Für Baden-Württemberg lassen sich bereits anhand von Daten zum Vorkommen von zehn Wildbienen-, Tagfalter- und Libellenarten Veränderungen von Verbreitungsmustern nachweisen.

Seit 1991 werden vermehrt wärmeliebende Insektenarten gefunden. Die Areale dieser Arten dehnen sich aus und es werden zunehmend Lebensräume in höheren Lagen besiedelt. Während Anfang der 1990er-Jahre nur drei Arten, nämlich die Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*), der Kurzschwänzige Bläuling (*Cupido argiades*) und die Dichtpunktigte Goldfurchenbiene (*Halictus subauratus*), jeweils einmal in der montanen Höhenstufe zwischen 500 und 1.200 Höhenmetern gefunden wurden, gab es im Zeitraum 2016 bis 2018 bereits zu acht Arten insgesamt 70 Funde in dieser Höhenstufe. Gegenüber dem ersten Monitoringbericht 2017 ist nun sogar eine Art in die subalpine Höhenstufe vorgedrungen. Dies ist ein eindeutiger Hinweis darauf, dass die Arten aufgrund der gestiegenen Temperaturen zunehmend in höheren Lagen geeignete Lebensräume vorfinden.

Das Areal der Gelbbindigen Furchenbiene (*Halictus scabiosae*) umfasst Gebiete mit einer





HANDLUNGSFELD NATURSCHUTZ UND BIODIVERSITÄT

Jahresmitteltemperatur von mindestens 9°C. Ab 1990 hat sich die 9°C-Isotherme ausgehend von den Klimagunstgebieten Oberrheinebene, Kraichgau und Neckarbecken insbesondere nach Osten und in höhere Lagen verschoben. Die Arealausdehnung der Gelbbindigen Furchenbiene folgte dieser Entwicklung. Inzwischen kommt die Art auch in ursprünglich nicht besiedelten Landesteilen wie dem Tauberland, der Schwäbisch-Fränkischen Waldberge, dem Vorland der Schwäbischen Alb und dem Bodenseebecken bis hin zum Westallgäuer Hügelland vor. In den letzten drei Jahren seit Erscheinen des ersten Monitoringberichts hat sich die Ausbreitung nach Osten zudem weiter fortgesetzt.

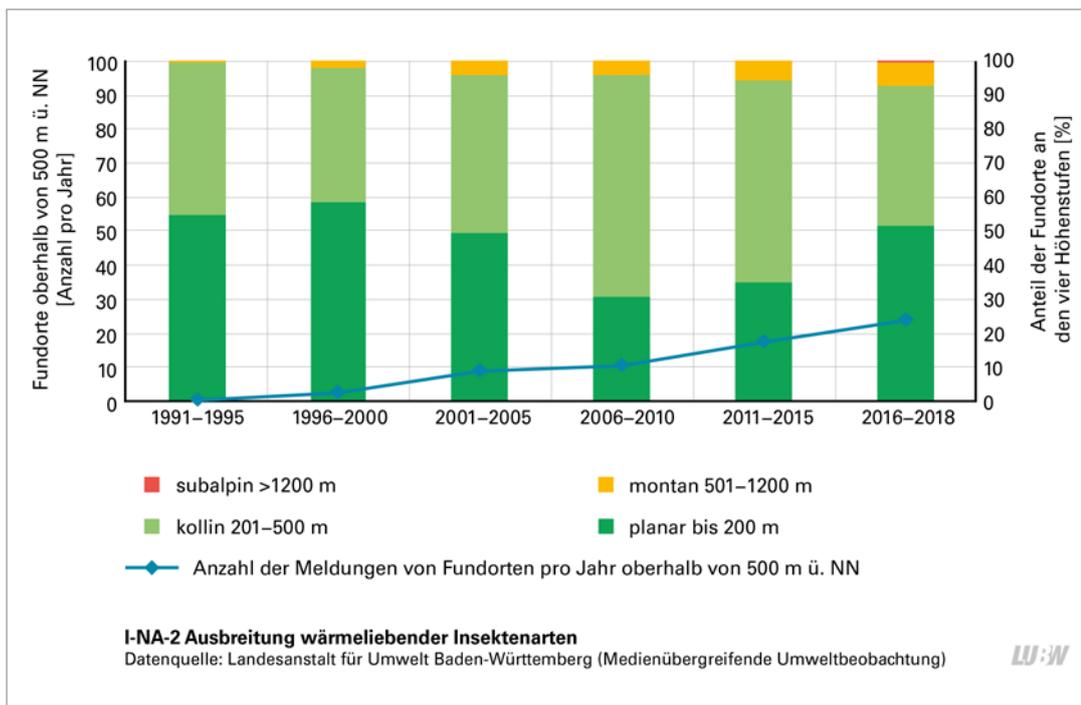
Es ist davon auszugehen, dass sich bei ähnlich systematischen Erhebungen vergleichbare Entwicklungen auch bei anderen wärmeliebenden Tierarten feststellen lassen. Bei den Brutvögeln geht man davon aus, dass die mediterran verbreiteten Arten Zwergohreule, Alpensegler, Bienenfresser, Orpheusspötter

und Zaunammer ihre Vorkommen im Land durch die Erwärmung ausweiten konnten.

Arealveränderungen von Arten sind differenziert zu bewerten. In manchen Ökosystemen ergänzen die neu hinzukommenden Arten die Biodiversität. Zuwandernde Insekten können beispielsweise wichtige Nahrungsquelle für Vögel werden. Neue Arten können auch Ökosystemdienstleistungen, etwa die Bestäubung von Pflanzen, unterstützen und Ausfälle anderer Arten zumindest teilweise kompensieren. Allerdings können einwandernde und sich verbreitende wärmeliebenden Arten auch andere Arten verdrängen. Diese Prozesse werden beispielsweise in höher gelegenen artenreichen Bergmähwiesen vermutet. Beweise für durch den Klimawandel herbeigeführte Verluste sind aber sehr schwer zu führen, denn auch Veränderungen der Landnutzung haben einen erheblichen Einfluss auf die Populationsentwicklung von Arten. Es bedarf daher langer Beobachtungsreihen, um langfristige Trends von kurzfristigen Schwankungen unterscheiden zu können.

Kurz notiert:

- Seit 1990 breiten sich wärmeliebende Insektenarten aus.
- 2018 erreichte die erste wärmeliebende Art die subalpine Höhenstufe.
- Wärmeliebende Arten stellen vielerorts eine Ergänzung der Fauna dar, tragen aber durch Konkurrenz auch zum Rückgang angestammter Arten bei.



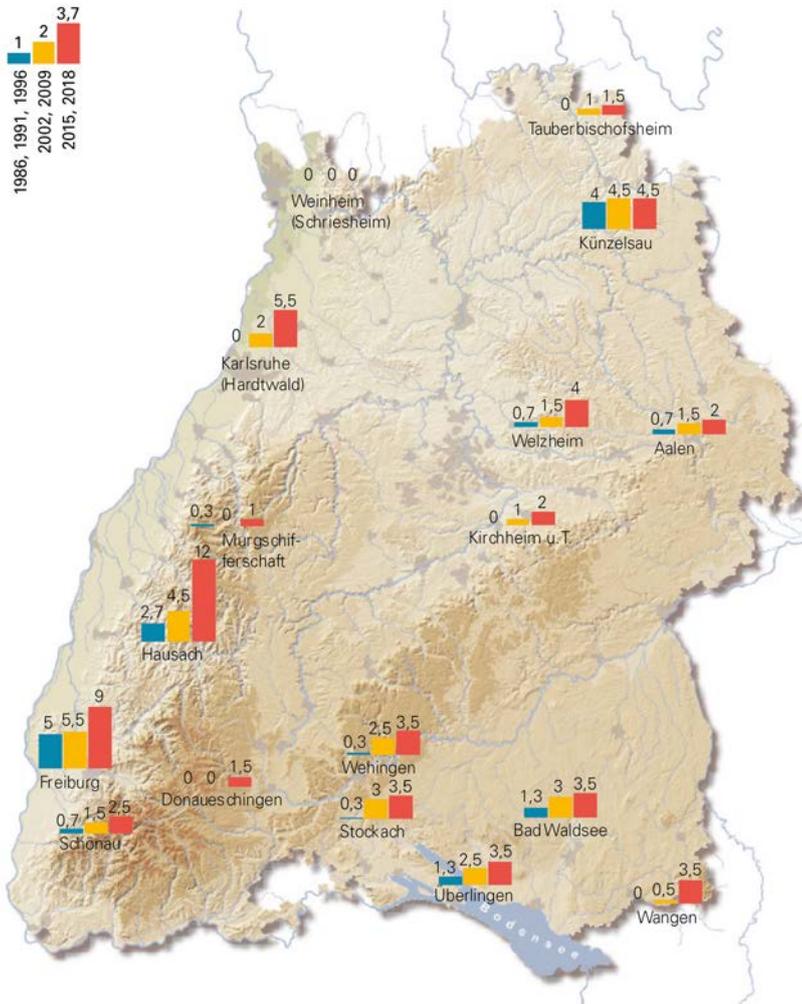
QUERVERWEISE:

- ▶ I-NA-3: Flechten als Klimaindikatoren
- ▶ I-GE-2: Ambrosia-vorkommen
- ▶ I-LW-4: Schad-erregerbefall



HANDLUNGSFELD NATURSCHUTZ UND BIODIVERSITÄT

Mittlere Anzahl Klimawandelindikatoren



I-NA-3: Flechten als Klimawandelindikatoren
 Ausbreitung wärmeliebender Flechtenarten
 Grundlage: © LGL BW, LUBW

LU:W

Ausbreitung wärmeliebender Flechten

Flechten sind Pilze, die in Lebensgemeinschaft mit kleinsten Algen beispielsweise an Felsen und Baumrinde siedeln. Sie reagieren vergleichsweise empfindlich auf Klimaveränderungen, da sie als wechselfeuchte Organismen direkt mit der Atmosphäre interagieren. Im Gegensatz zu den meisten Gefäßpflanzen sind sie im Winter stoffwechselaktiv. Sie eignen sie daher auch dazu, Witterungs-

veränderungen in den Wintermonaten anzuzeigen.

Die Veränderungen der Flechtengemeinschaften werden in Baden-Württemberg an 17 Waldstandorten der Medienübergreifenden Umweltbeobachtung der LUBW systematisch an Baumstämmen 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 an Flechtenarten mit der Abnahme von sauren Immissionen insgesamt deutlich zugenommen. Auch in ehemals stark mit sauren Immissionen belasteten Gebieten sind Flechten heute wieder häufig. Ganz besonders haben aber wärmeliebende Flechtenarten von der verbesserten Luftqualität profitiert. Seit 2009 verläuft die Zunahme dieser Artengruppe im Vergleich zur allgemeinen Artenzunahme beschleunigt. Im Jahr 2018 wurden insgesamt 21 Klimawandelindikatoren nachgewiesen. Mit Ausnahme des Standorts Weinheim (Schriesheim) hat an allen Beobachtungsstandorten im Laufe der Zeit die Anzahl der indizierenden Flechtenarten zugenommen. Selbst in kühlen, teils über 1.000 Meter hoch gelegenen Wäldern lässt sich diese Entwicklung beobachten. Die Zunahme wärmeliebender Flechtenarten vollzieht sich also 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 mildere und im Jahresverlauf weniger stark schwankende Temperaturen und niederschlagsreichere Winter bevorzugen. Die mittlere Kontinentali-





HANDLUNGSFELD NATURSCHUTZ UND BIODIVERSITÄT

tätszahl der Gemeinschaft nimmt deshalb im Verlauf der Zeitreihe signifikant ab. Gleichzeitig zeigt sich bei der Anzahl der wärmeliebenden Flechtenarten ein signifikant steigender Trend. Insbesondere seit Erscheinen des letzten Monitoringberichts gab es noch einmal einen deutlichen Anstieg. Sommerliche Hitze und Trockenheit ist für die Flechten weniger ein Problem, da sie in den Sommermonaten bei Trockenheit in eine Art Trockenstarre verfallen und dann unempfindlich gegenüber Hitze und weitere Austrocknung sind.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse 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 Kronenschluss-

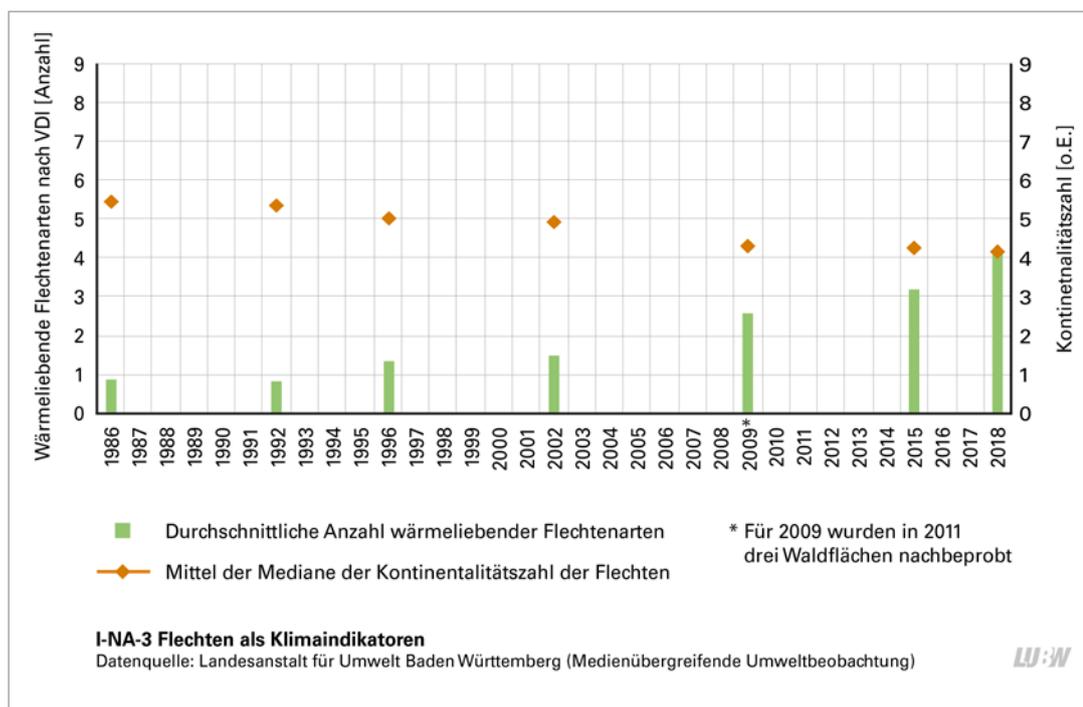
grads sehr unterschiedliche Bedingungen für den Aufwuchs von Flechten bieten. Auch die lokale Immissionssituation kann sich unterscheiden. Ein Standort wie Weinheim (Schriesheim) im Nordwesten des Landes, wo noch immer bestehende Immissionsbelastungen mit standörtlicher Lufttrockenheit einhergehen, ist im Vergleich zu anderen Standorten nur gering mit Flechten besiedelt.

Die Veränderungen des angestammten Flechtenartenspektrums können Auswirkungen auf das Ökosystem Wald haben, da Flechten zahlreichen Kleintieren Unterschlupf bieten und 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 notiert:

- Wärmeliebende Flechtenarten besiedeln Regionen, die ihnen früher möglicherweise zu kühl waren.
- Die Artenzahl wärmeliebender Flechten hat signifikant zugenommen.
- Atlantisches Klima bevorzugende Flechtengemeinschaften gewinnen bei uns signifikant an Bedeutung.



QUERVERWEISE:

- I-NA-2: Ausbreitung wärmeliebender Tierarten



Handlungsfeld Wasserhaushalt

INDIKATOREN

I-WH-1: Grundwasserstand und Quellschüttung

I-WH-2: Mittlere Abflusshöhe

I-WH-3: Hochwasserabfluss

I-WH-4: Niedrigwasserabfluss

I-WH-5: Wassertemperatur von Seen

I-WH-6: Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser
und Phosphorkonzentrationen des Bodensees

R-WH-1: Gewässerstruktur

R-WH-2: Uferbewuchs von kleinen und mittelgroßen Gewässern

R-WH-3: Investitionen für einen verbesserten 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. Fließgewässer mit einer Länge von rund 38.000 Kilometern 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 Nutzung als Trinkwasser – 75% des Trinkwassers stammen in Baden-Württemberg aus dem Grundwasser – wird Wasser außerdem als Kühl- und Produktionswasser für Industrie und Gewerbe eingesetzt, um Strom aus Wasserkraft zu erzeugen oder um landwirtschaftliche Flächen zu bewässern.

Der Klimawandel nimmt mit Veränderungen der Lufttemperatur und des jahreszeitlichen Verlaufs der Niederschläge Einfluss auf den Wasserhaushalt und damit auch auf wichtige Gewässernutzungen. Im Projekt KLIWA „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ (Projektstart 1999) erforschen die Länder Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz gemeinsam mit dem DWD mögliche Konsequenzen der Klimaveränderungen auf den regionalen Wasserhaushalt für den Zeitraum 2021 bis 2050. Demnach ist zu erwarten, dass Baden-Württemberg reich an Wasser bleibt. Dennoch ist es nicht ausgeschlossen, dass im Sommer und Herbst das Wasser knapp werden könnte, wovon vor allem die Schifffahrt (eingeschränkte Binnenschifffahrt) sowie Kraftwerksbetreiber (betriebliche Einschränkungen bezüglich Einleitung von Abwärme) betroffen sein können. Mit dem Klimawandel werden den Projektionen zufolge außerdem höhere Schäden durch

vermehrtes Auftreten von Hochwasser und Überschwemmungen erwartet. Es kommen daher höhere Kosten für den Hochwasserschutz auf das Land zu.

Eine weitere große Herausforderung besteht darin, die Ziele der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) – guter ökologischer und chemischer Zustand der Oberflächengewässer und guter chemischer und mengenmäßiger Zustand des Grundwassers – trotz ungünstiger Bedingungen durch den Klimawandel zu erreichen. Die Wassermenge und -qualität von Grund- und Oberflächengewässern sowie die Gewässerstrukturen unterliegen in Baden-Württemberg einer regelmäßigen Überwachung, um die Zielerreichung zu prüfen und entsprechende Maßnahmen zu initiieren und umzusetzen.

Mit der Fortschreibung des Monitoringberichts wurde das Indikatorenset um drei weitere Indikatoren ergänzt. Vor allem nach den niederschlagsarmen Jahren 2018 und 2019 ist die Wasserverfügbarkeit stärker in den Blick gerückt. Die „Mittlere Abflusshöhe (MQ)*“ ist Spiegel des Wasserdargebots. Ergänzend zum Indikator „Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser und Phosphorkonzentrationen des Bodensees“ wurde der Indikator „Wassertemperatur von Seen“ ergänzt, um die Auswirkungen des Klimawandels auf das Ökosystem See, ebenfalls dargestellt am Beispiel des Bodensees, noch umfassender thematisieren zu können.

Für diesen Monitoringbericht stehen noch keine aktuellen Daten aus der Gewässerstrukturkartierung zur Verfügung. Es wurde daher für die Berichtsfortschreibung auf eine erneute Darstellung des Indikators „Gewässerstruktur“ verzichtet. Als zusätzlicher und spezifischer Indikator wird nun zum Uferbewuchs von Fließgewässern berichtet. Bei tendenziell steigenden Wassertemperaturen ist der randliche Bewuchs für die Beschattung und damit Kühlung der Gewässer von zunehmender Bedeutung.

* Erläuterung siehe Glossar



HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT



Grundwasservorräte annähernd stabil

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, um die Wasserversorgung aufrechtzuerhalten.

Die Grundwasservorkommen in Baden-Württemberg sind aufgrund der geologischen und hydrologischen Verhältnisse regional sehr unterschiedlich verteilt. Die größten Wasservorkommen liegen in den Randbereichen des Landes. Im Landesinneren und im Nordosten gibt es größere wasserarme Gebiete in den Gesteinsformationen Keuper, Muschelkalk und Buntsandstein. Hier können sich länger andauernde Hitze- und Dürreperioden nachteilig auf die Grundwasserstände auswirken.

Die europäische Wasserrahmenrichtlinie verpflichtet die Mitgliedsstaaten, für die Grundwasserkörper einen guten mengenmäßigen Zustand zu sichern oder zu erreichen.

Wegen der bestehenden Fernwasserversorgungssysteme und kleinräumiger Wasserverbünde gilt die Trinkwasserversorgung auch mittel- und langfristig als gesichert. Bei einigen Kommunen haben sich allerdings 2018 auf dem Höhepunkt der Trockenperiode bereits Schwachstellen bei der Wasserversorgung gezeigt. Viele private Eigenwasserversorger haben wegen versiegender Quellen zeitweise auf eine Ersatzversorgung aus dem öffentlichen Trinkwassernetz umstellen müssen.

Der Klimawandel beeinflusst auch die Grundwasserneubildung aus Niederschlag durch höhere Lufttemperaturen und ein verändertes Niederschlagsregime. Bei steigenden Temperaturen erhöht sich die Verdunstung und es versickert weniger Wasser aus dem Boden, sodass sich weniger Grundwasser neu bilden kann. Außerdem wird im Sommer aufgrund der größeren Hitze und Trockenheit sehr viel mehr Wasser zur Bewässerung von Äckern und Grünanlagen verbraucht, was eine indirekte Beeinflussung durch den Klimawandel darstellt.





HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT

Klimawandelbedingte Veränderungen der Grundwasserstände zu beschreiben ist sehr schwierig, da Grundwasservorkommen einer Reihe von Einflussfaktoren unterliegen, die in unterschiedlichem Maße direkt oder indirekt vom Klimawandel beeinflusst werden. Zudem sind Grundwasservorkommen im Allgemeinen träge Systeme, die mit zeitlicher Verzögerung auf Veränderungen reagieren.

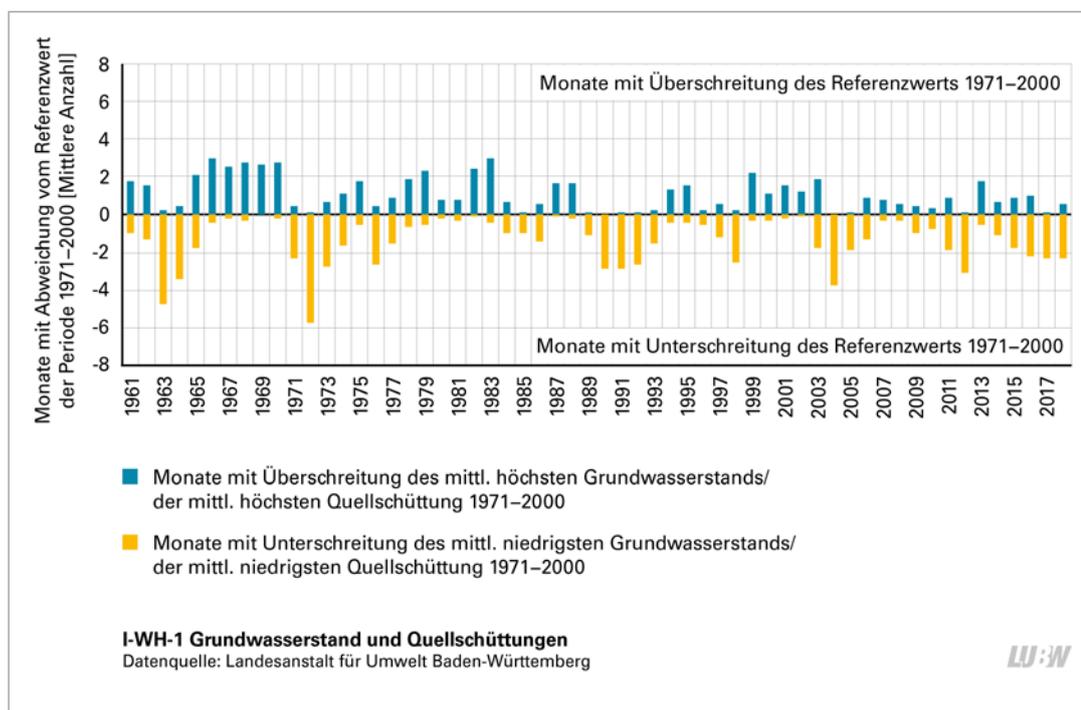
Der Indikator basiert auf Daten zu Grundwasserstand und Quellschüttung an 26 repräsentativen Messstellen. Für jede dieser Messstellen wurde für die Referenzperiode von 1971–2000 die Anzahl der Monate eines jeden hydrologischen Jahres, in denen der Monatsmittelwert den langjährigen höchsten oder niedrigsten Grundwasserstand bzw. die langjährig höchste oder niedrigste Quellschüttung überschreitet beziehungsweise unterschreitet, ermittelt. Die Referenzperiode wurde gegenüber dem Monitoringbericht 2017 auf den Zeitraum 1971–2000 umgestellt, um den Indikator mit Auswertungen in anderen Bundesländern zu

harmonisieren. Die feuchteren 1960er-Jahre sind damit nicht mehr in die Referenzperiode eingeschlossen. Die Situation stellt sich daher im aktuellen Bericht vermeintlich günstiger dar als im letzten Bericht.

Nach statistischer Prüfung der Zeitreihe zeigt sich, dass Monate mit besonders hohen Grundwasserständen oder Quellschüttungen signifikant abgenommen haben. Hinsichtlich niedriger Wasserstände kann bisher kein Trend ermittelt werden. Monate mit besonders niedrigen Grundwasserständen oder geringen Quellschüttungen traten zuletzt regelmäßiger auf, während ausgeprägte Nassperioden in den vergangenen Jahren ausgeblieben sind. Insbesondere im Winterhalbjahr 2017/2018 wurden die Grundwasservorräte nach dem bereits trockenen und heißen Sommer 2017 nur eingeschränkt wiederaufgefüllt. Der dann folgende ebenfalls trockene und heiße Sommer 2018 hat vielerorts die Grundwasserstände bzw. Quellschüttungen weiter sinken lassen.

Kurz notiert:

- Bisher gibt es keine gravierenden Veränderungen bei Quellschüttungen und Grundwasserständen.
- Monate mit niedrigen Messständen traten regelmäßig auf.



QUERVERWEISE:

- I-BO-1: Bodenvorräte
- R-BO-1 Bodenschonende Anbaumethoden



Jahreszeitliche Verschiebungen im Abfluss

Der Klimawandel beeinflusst das Abflussgeschehen über Veränderungen der Niederschlagsmenge und -intensität sowie durch die Temperaturerhöhung. Die mittlere Abflusshöhe hängt natürlicherweise davon ab, wie viel Niederschlag im Gebiet fällt, wie

viel oberflächlich abfließt oder im Boden versickern kann, wie viel verdunstet und wie viel Wasser langfristig im Grundwasser oder Boden gespeichert wird. Sie ist Indikator für das Wasserdargebot, also das Wasser, das im Mittel für die verschiedenen Oberflächenwassernutzungen wie Kühlwassernutzung, Schifffahrt oder Trinkwassergewinnung zur Verfügung steht. Bei einem hohen Abfluss kann oft nicht mehr die gesamte Wassermenge im Bach- oder Flussbett abtransportiert werden, was zu Überschwemmungen führt. Veränderungen des mittleren Abflusses können auch die Grundwasserstände in ufernahen Bereichen verändern und so die Trink- und Brauchwasserversorgung beeinflussen.

Die Situation der mittleren Abflusshöhe wird hier anhand von sieben über Baden-Württemberg verteilten Messstellen abgebildet. Mit wenigen Ausnahmen ist die mittlere Abflusshöhe im hydrologischen Winterhalbjahr höher als im hydrologischen Sommerhalbjahr. Ursache ist die geringere Verdunstung im Winterhalbjahr. Die statistische Analyse ergab keinen signifikanten Trend zur Veränderung der mittleren Abflusshöhe seit den 1930er-Jahren. Es fällt aber auf, dass seit den 1970er-Jahren im Winter kaum mehr Werte auftreten, die 200 mm Abflusshöhe unterschreiten.

Zudem hat sich seit dem Jahrtausendwechsel das gleitende 30-jährige Mittel der Winterabflusshöhe im Verhältnis zur Sommerabflusshöhe leicht zugunsten der winterlichen Abflusshöhe verschoben.

Die tendenziell zunehmende Winterabflusshöhe sowie die Abflussverschiebung vom Sommer zum Winter sind Folgen von Veränderungen des jahreszeitlichen Temperatur- und Niederschlagsregimes: Durch den Klimawandel nehmen die Winterniederschläge zu und fallen vermehrt als Regen und weniger



HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT

als Schnee. Daher ist im Winterhalbjahr insgesamt mit zunehmenden Abflusswerten zu rechnen. Trendauswertungen im Rahmen von KLIWA bestätigen diese Beobachtung (KLIWA 2016). Neben dieser Änderung im Niederschlag können möglicherweise anthropogene Einflüsse wie Flächenversiegelung und die Umwandlung von Grünland in Ackerland eine lokale Rolle spielen.

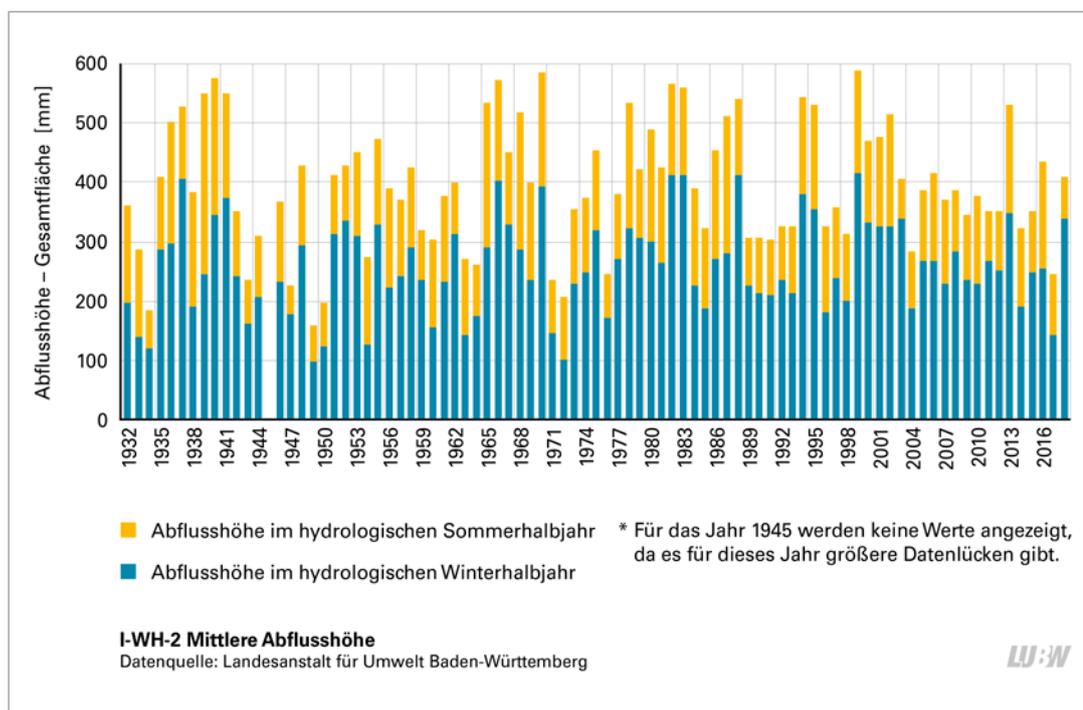
Insgesamt ist eine Reduktion der mittleren Wasserabflusshöhe im Sommer nicht zu erwarten. Die Ergebnisse der KLIWA-Kooperation zeigen, dass lang anhaltende Sommerregen zwar weniger häufig auftreten werden, gleichzeitig aber Starkregenereignisse mit einer hohen Niederschlagsintensität zunehmen werden. Das heißt, die Summe der Niederschläge im hydrologischen Sommerhalbjahr in Baden-Württemberg wird sich voraussichtlich nicht signifikant ändern, wohl aber die Verteilung.

Generell ist die Zeitreihe durch starke Schwankungen zwischen den Jahren gekennzeichnet. In manchen Jahren stehen die besonders hohen bzw. niedrigen mittleren Abflusshöhen im unmittelbaren Zusammenhang mit ausgeprägten Hochwasserereignissen und Niedrigwasserperioden. Dies gilt beispielsweise für das Hochwasserjahr 2013 und zuletzt für das Niedrigwasserjahr 2018, in dem der extrem niederschlagsarme und warme Sommer sowohl zu einer sehr geringeren mittleren Abflusshöhe als auch zu zahlreichen Niedrigwassertagen führte.

Allerdings gibt es auch Jahre wie 2017, in denen es eine solche Parallelität nicht gibt. Die mittlere Abflusshöhe war 2017 sehr gering, es gab aber keine außergewöhnlichen Niedrigwassertage. Grund war eine sehr ausgeglichene Regenverteilung, vor allem im Sommer. Der vergleichsweise trockene und schneearme Winter führte zwar zu geringen, aber dennoch stetigen Abflussmengen.

Kurz notiert:

- Abflüsse im Winter haben tendenziell zugenommen.
- Im Sommer ist keine eindeutige Entwicklung feststellbar.
- Außergewöhnlich hohe oder niedrige Abflüsse müssen nicht zwingend zu Hoch- oder Niedrigwasser führen.



QUERVERWEISE:

- I-HW-3: Hochwasser
- I-HW-4: Niedrigwasser
- R-BO-1: Zwischenfruchtanbau



HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT



Hochwassergefahr steigt

Bereits heute sind etwa 90% der Städte und Gemeinden in Baden-Württemberg potenziell von Hochwasser betroffen. Hochwasserereignisse sind ein natürliches Phänomen und treten je nach Entstehungsursache jahreszeitlich und räumlich in unterschiedlicher Ausprägung auf. Im Sommer kommt es aufgrund sommerlicher Starkniederschlagsereignisse oft zu räumlich begrenzten Hochwasserereignissen in Bächen

und kleineren Flüssen, während lang andauernde und großräumige Niederschlagsereignisse oft in Verbindung mit Schneeschmelze im Winter und im Frühjahr zu Hochwasser in den mittleren und größeren Flüssen führen. Es sind jedoch auch im Sommer großräumige Hochwasserereignisse aufgrund lang anhaltender Niederschläge möglich, wie es im Jahr 2013 der Fall war.

Der Klimawandel kann zu einer Veränderung der Häufigkeit und Schwere von Hochwasserereignissen führen, wenn sich etwa sommerliche Starkniederschlagsereignisse intensivieren, die winterlichen Niederschläge zunehmen und vermehrt als Regen und weniger als Schnee fallen. Bei den in den Wintermonaten häufig wassergesättigten Böden kann der Niederschlag schnell und direkt in die Gewässer abfließen.

Eine Langzeitanalyse (1932–2015) von Hochwasserabflusskennwerten an 30 repräsentativen Fließgewässerpegeln in Baden-Württemberg bestätigt, dass die sich ändernde Intensität und saisonale Verteilung der Niederschläge die Hochwasserentstehung begünstigen. Laut den Berechnungen nahmen an fast 80% der Pegel insbesondere die kleinen und mittleren Hochwasserabflüsse zu (KLIWA 2016). Die Tendenz ist im Winterhalbjahr am stärksten ausgeprägt.

Betrachtet man hingegen die Anzahl der in einzelnen Jahren aufgetretenen Hochwassertage für eine Teilmenge von sieben der 30 Fließgewässerpegel, ist kein signifikanter Trend erkennbar. Es kam jedoch insbesondere Ende der 1970er-, Anfang der 1980er-Jahre zu einer Häufung an Hochwassertagen.

Es zeigt sich, dass Jahre mit einer hohen Anzahl an Hochwassertagen grundsätzlich in unregelmäßigen Abständen auftreten. So gab es in den Jahren 1939, 1965 und 1970 außerordentlich viele Hochwassertage. Im Juni 1965 führte die Donau Hochwasser, das in Baden-Württemberg und Bayern große Schäden und mehrere





HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT

Todesfälle verursachte. Gleichzeitig führte der Rhein Hochwasser. Im Februar 1970 führten ungewöhnlich hohe Niederschläge, die sich mit der Schneeschmelze überlagerten, zu einem extremen Neckar-Hochwasser. Teile der Heidelberger Altstadt wurden überflutet und mussten evakuiert werden.

Das Hochwasser zum Jahreswechsel 1993/1994 war das markanteste Ereignis des 20. Jahrhunderts im Nordschwarzwald. Nach ergiebigen Regen- und Schneefällen bis Mitte Dezember und darauf folgenden Starkniederschlägen auf bereits wassergesättigte Böden überlagerten sich die mächtigen Hochwasserwellen an den Mittel- und Unterläufen der Flüsse und verursachten umfangreiche Hochwasserschäden.

In den zurückliegenden zwei Jahrzehnten gab es ebenfalls Jahre mit schadensträchtigen Hochwasserereignissen, so zum Beispiel das Hochwasser im Juni 2013. Im Mai/Juni 2016 führten mehrere Tiefdruckgebiete landesweit zu schweren lokalen Unwettern mit teilweise extremen Starkniederschlägen von über 80 mm in

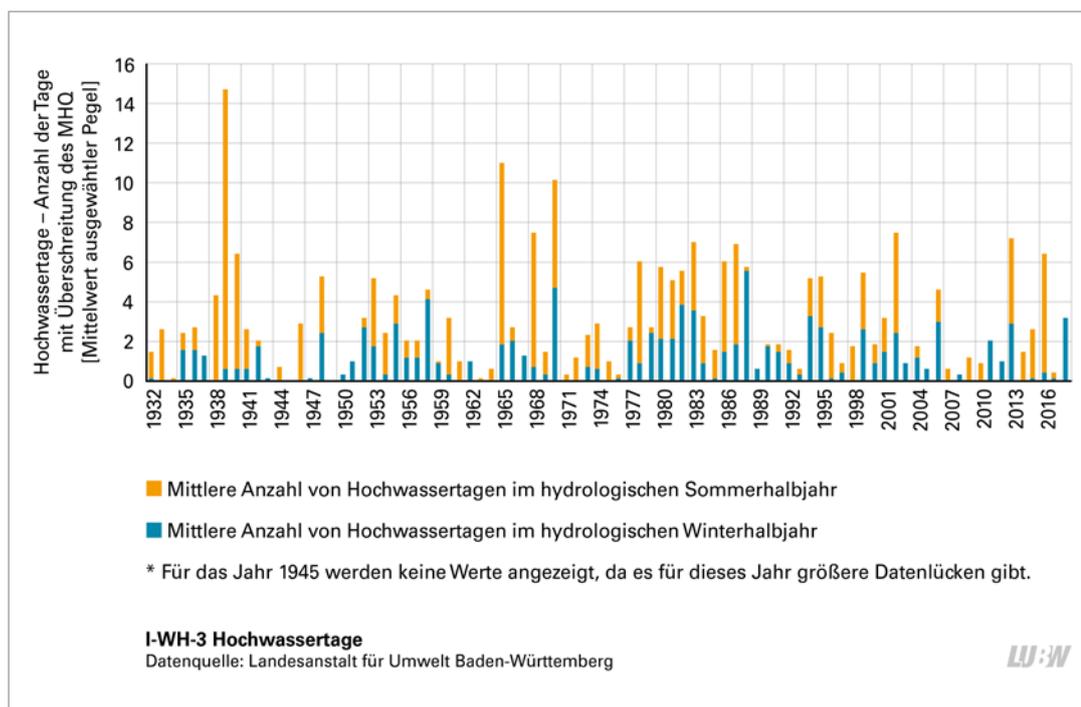
24 Stunden. Insbesondere im östlichen Landesteil wurden an zahlreichen Pegeln sehr schnell Scheitelabflüsse im Bereich von Extremhochwasser erreicht. In direkt von den Gewitterzellen betroffenen kleineren Bächen kam es zu Sturzfluten. Besonders große Schäden wurden aus der Gemeinde Braunsbach gemeldet.

In den sehr niederschlagsarmen Jahren 2017 und 2018 sind Hochwasser an den dargestellten Pegeln selten aufgetreten.

Neben klimatischen Verhältnissen beeinflusst auch menschliches Handeln das Hochwassergeschehen. Die Besiedelung von Auen und Überflutungsflächen, die damit verbundene Flächenversiegelung, verdichtete Böden und der Verlust von Retentionsräumen können Hochwassersituationen verschärfen. Das Wasser kann nicht mehr in der Landschaft zurückgehalten werden, sondern gelangt sehr schnell zum Abfluss. Abschwächend auf das Hochwassergeschehen wirken sich gezielte Maßnahmen zur Hochwasserrückhaltung oder Renaturierungsmaßnahmen an Gewässern aus.

Kurz notiert:

- An fast 80 % der Pegel im Land nehmen die kleineren und mittleren Hochwasser zu.
- Insbesondere Ende der 1970er-, Anfang der 1980er-Jahre kam es zu einer Häufung an Hochwassertagen.



QUERVERWEISE:

- ▶ I-HW-2: Mittlere Abflusshöhe
- ▶ I-HW-4: Niedrigwasser
- ▶ I-SR-2: Elementarschäden an Gebäuden



HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT



Immer wieder extreme Niedrigwasser

Länger anhaltende Trockenzeiten mit Niederschlagsmangel und hoher potenzieller Verdunstung begünstigen die Entstehung von Niedrigwasser. Verschärfend wirken niedrige Grundwasserstände, da der Abfluss in Niedrigwasserphasen zu einem hohen Anteil vom Grundwasser gespeist ist. Umgekehrt können hohe Grundwasserstände zu Beginn einer Trockenperiode positive Auswirkungen

auf den Abfluss haben und Niedrigwassersituationen abmildern.

Der Klimawandel kann die Dauer und den Schweregrad von Niedrigwasserereignissen beeinflussen. Das geschieht beispielsweise durch höhere Temperaturen, eine Veränderung der Niederschlagsmenge und deren jahreszeitliche Verteilung und über das vermehrte Auftreten extremer, lang anhaltender Trockenperioden.

Die Messungen an sieben repräsentativen Pegeln in Baden-Württemberg machen deutlich, dass es von Jahr zu Jahr starke Unterschiede im Niedrigwassergeschehen gibt. Ausgeprägte Niedrigwasserjahre, in denen es zu außerordentlich vielen Niedrigwassertagen an den beobachteten Pegeln gekommen ist, waren die Jahre 1934, 1943, 1947–1949, 1962, 1971, 2003, 2015 und 2018, in etwas schwächerem Maße auch die Jahre 1950, 1959, 1964, 1976 und 1989.

Niedrigwasser tritt sowohl im Sommer als auch im Winter auf. Im Sommer und Herbst 2003 führte ein erhebliches sommerliches Niederschlagsdefizit verbunden mit hohen Temperaturen zu einer ausgeprägten Niedrigwasserphase am Rhein. Auch der Bodensee war betroffen. Am 23. September 2003 sank der Bodenseespiegel bei Konstanz auf den tiefsten Septemberwasserstand seit Messbeginn im Jahr 1816. In anderen Jahren waren hingegen besonders kalte Winter Grund für das Niedrigwasser: 1962 folgte auf einen trockenen Sommer und Oktober eine ungewöhnlich lange und kalte Frostperiode von Dezember bis Februar, in der die Niederschläge als Schnee niedergingen und nicht abflusswirksam wurden.

Niedrigwasser unterscheiden sich auch durch ihre räumliche Ausdehnung. Während sich im Niedrigwasserjahr 2015 das Niedrigwassergeschehen vor allem auf kleinere und mittlere





HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT

Zuflüsse zum Oberrhein sowie kleinere Zuflüsse zum Neckar konzentrierte, war das Jahr 2018 sowohl in seiner zeitlichen als auch in seiner räumlichen Ausdehnung ein außerordentliches Niedrigwasserjahr. Es kam flächendeckend zu Niedrigwasserständen. Der Rheinpegel Maxau führte an 27% der Tage Niedrigwasser und erreichte den niedrigsten Wasserstand seit dem Jahr 1972. Gemeingebrauch und Schifffahrt mussten eingeschränkt werden. Die wirtschaftlichen Schäden waren erheblich.

Nach statistischer Prüfung hat die Anzahl der an den sieben Pegeln ermittelten Niedrigwassertage bislang im Zeitraum 1932 bis 2018 nicht zugenommen. Eine eindeutige Bewertung der Situation gestaltet sich aber schwierig, da sich veränderte wasserwirtschaftliche Nutzungen, Versiegelung im Einzugsgebiet oder die Bodennutzung mit klimawandelbedingten Veränderungen überlagern.

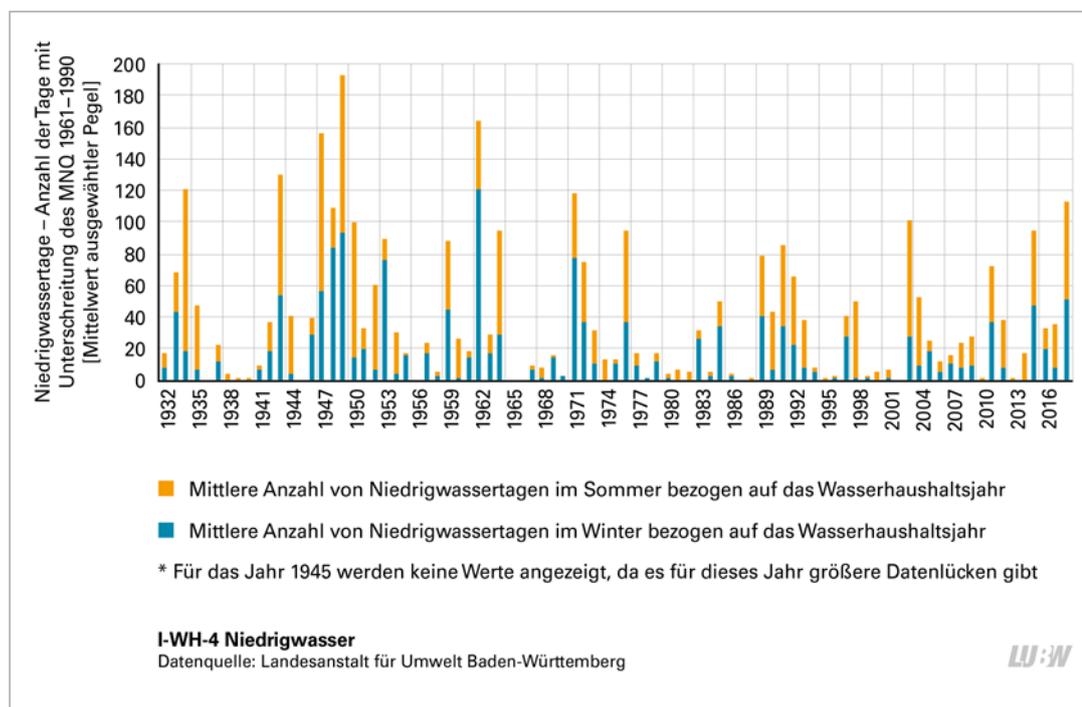
Niedrigwasserereignisse beeinflussen die Gewässerqualität. Verringerte Fließgeschwindig-

keiten und hohe Wassertemperaturen führen zu verstärktem Biomassewachstum und infolgedessen zu Sauerstoffzehrung bis hin zum Auftreten von Fischsterben. Bei Niedrigwasser können Nutzungskonflikte entstehen, die gelöst werden müssen und beispielsweise zu Beschränkungen der Wasserentnahme für die Landwirtschaft führen. Letztere ist auf Mindestwassermengen angewiesen, um eine ausreichende Verdünnung sicherzustellen. Auch die Flussschifffahrt ist unterhalb einer flusspezifischen Mindestwasserführung nur noch eingeschränkt möglich.

Handlungsstrategien für das Niedrigwassermanagement wurden bereits entwickelt. Hierzu zählt unter anderem die Einrichtung einer verbesserten Niedrigwasservorhersage bei der LUBW. Weitere Maßnahmen zum Schutz der Gewässer sind beispielsweise die Einschränkung von Wasserentnahmen und die Flächennutzung in den Einzugsgebieten dergestalt zu beeinflussen, dass eine intensivere Grundwasserneubildung stattfinden kann.

Kurz notiert:

- Es treten immer wieder ausgeprägte Niedrigwasserjahre auf.
- Am bedeutendsten in den letzten 40 Jahren waren die Niedrigwasser 2003, 2015 und 2018.
- Niedrigwasser verursacht erhebliche Einschränkungen der Wasserverfügbarkeit, zum Beispiel für Landwirtschaft und Industrie.



QUERVERWEISE:

- I-VE-1: Schifffahrtsstraßen von Binnenschifffahrtsstraßen
- R-BO-1: Zwischenfruchtanbau
- R-SR-2: Flächenversiegelung



HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT



Bodensee- temperaturen steigen

Die Wassertemperatur der oberflächennahen Schicht von stehenden Gewässern wird schnell und direkt durch die Lufttemperatur und -feuchte, den Wind und die Einstrahlung beeinflusst. Heute lässt sich fast weltweit feststellen, dass sich klimabedingt die Oberflächentemperatur von Seen erhöht.

Der Bodensee bezieht sein Wasser zum größten Teil aus seinem alpinen Einzugsgebiet über die Zuflüsse des Alpenrheins und der Bregenzer Aach und ist deshalb als Alpensee eingestuft. Er ist flächenmäßig der drittgrößte See Mitteleuropas.

Die oberflächennahen Wassertemperaturen des Bodensees zeigen in allen vier Jahreszeiten einen signifikant steigenden Trend, der allerdings unterschiedlich stark ist.

Vergleicht man die Mittelwerte der ersten 30 Jahre (1964–1993) und der letzten 30 Jahre (1989–2018) der dargestellten Zeitreihe, stiegen die Temperaturen im Oberflächenwasser im Sommer (Juni bis August) mit 1,5°C am stärksten. Der im „Jahrhundertsommer“ 2003 bislang erreichte Spitzenwert der mittleren Sommertemperatur in Höhe von 22,6°C wurde 2018 mit 22,7°C übertroffen. Diese Werte wurden in der Seemitte gemessen. In den Flachwasserbereichen, in den Häfen und kleinen Buchten können die Temperaturen merklich höher sein. Im Jahr 2018 war daher in den flachen Bereichen eine Süßwasserqualle (*Craspedacusta sowerbii*) zu beobachten, die sich nur bei außerordentlich hohen Temperaturen entwickeln kann.

Im Frühjahr (März bis Mai) beträgt die Erhöhung im Vergleich der oben genannten 30-Jahreszeiträume 0,8°C, im Herbst (September bis November) 0,9°C und im Winter (Dezember bis Februar) 0,6°C. Im Jahresmittel ist die Temperatur in diesem Zeitraum um 0,9°C angestiegen.

Die Wassertemperatur ist eine wesentliche Steuerungsgröße für grundlegende physikalische, biologische und chemische Prozesse. So führen die steigenden Temperaturen beispielsweise dazu, dass weniger Sauerstoff gelöst werden kann und den Lebewesen zu Verfügung steht.



HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT

Durch die geringe winterliche Abkühlung wird der Temperaturengleich zwischen wärmerer Deckschicht und kühlerer Tiefenschicht und somit die Durchmischung abgeschwächt. Die Durchmischung von Seen ist aber wichtig, damit sauerstoffreiches Wasser aus den oberen Schichten in das Tiefenwasser gelangt.

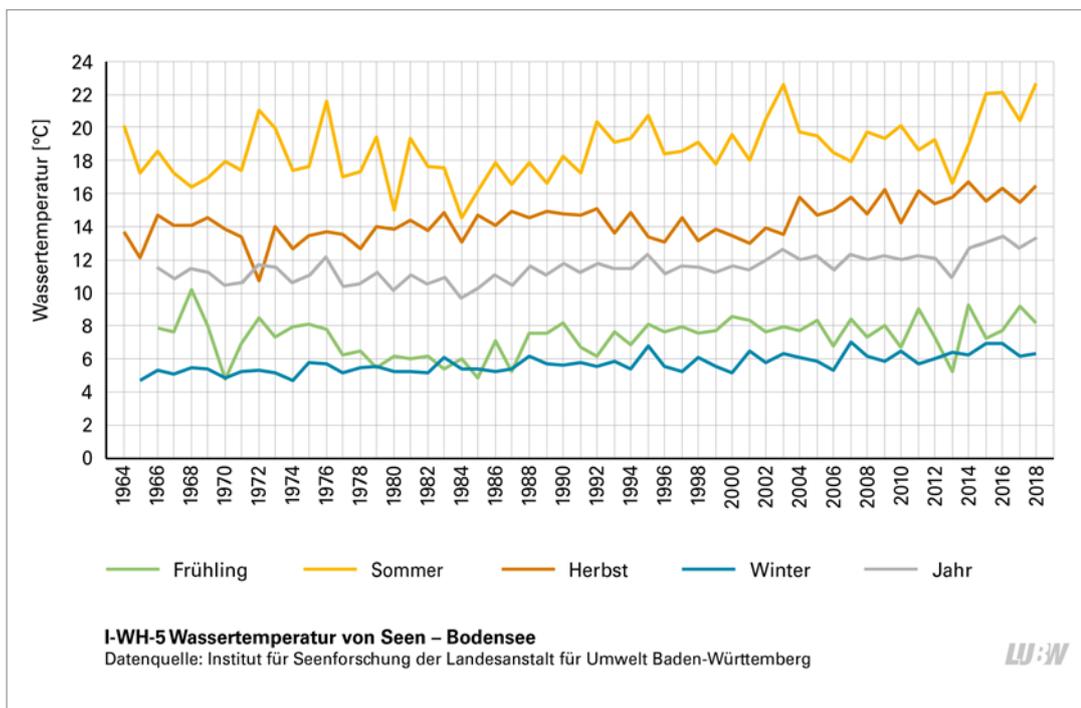
Auswirkungen der Wassertemperaturerhöhung auf die Fischbestände und die Fangträge von wirtschaftlich relevanten Arten wie Felchen und Seesaiblingen sind naheliegend. Bei beiden Arten sinken die Eier nach dem Ablachen in den oberen Wasserschichten auf den Seegrund ab. Die Schlupfraten können abnehmen, wenn der Sauerstoffgehalt

aufgrund der veränderten Schichtungsverhältnisse vermindert ist. Bei einer höheren Wassertemperatur am Seegrund können sich zudem die Felcheneier schneller entwickeln. Die Fische schlüpfen früher und damit eventuell schon zu einer Zeit, in der noch nicht ausreichend Futter in der oberen lichtdurchfluteten und nahrungsreichen Zone zu finden ist.

Inzwischen wurde an den drei kleineren Seen Titisee, Federsee und Mindelsee im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA ein Langzeitmonitoring mit kontinuierlich messenden Stationen eingerichtet. Diese liefern ab sofort Wassertemperaturwerte und weitere Messdaten zu klimarelevanten Fragestellungen.

Kurz notiert:

- Die Oberflächentemperaturen des Bodensees sind in allen Jahreszeiten signifikant angestiegen, besonders stark jedoch im Sommer.
- Veränderungen der Wassertemperatur haben Auswirkungen auf Lebewesen und wichtige chemische und physikalische Prozesse.



QUERVERWEISE:

- I-WH-6: Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser und Phosphorkonzentrationen des Bodensees
- I-TO-1: Tage mit Touristenklima



HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT



Schlechte Durchmischung bringt Sauerstoffdefizite

Die Wasserqualität und die Funktionsweise eines Sees werden wesentlich von den Nährstoffgehalten und Durchmischungsvorgängen im Wasser bestimmt. 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 Schichtung des Wasserkörpers behindert den Austausch von Sauerstoff und Nährstoffen zwischen diesen Schichten. Da im Tiefenwasser der Sauerstoff durch Abbauprozesse gezehrt wird, fällt dort der Sauerstoffgehalt ab.

Mit den fallenden Temperaturen im Herbst sinkt das nun kältere Oberflächenwasser mit der Zeit ab und bringt Sauerstoff in die tieferen Schichten zurück. Wie gut ein See durchmischt, hängt unter anderem von der Tiefe, der Größe des Sees und den Witterungsverhältnissen ab.

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 erreicht wird. Das geschieht allerdings nur dann, wenn der Winter kalt genug ist.

Der Klimawandel kann dazu führen, dass sich die Wassertemperaturen bei milderem Wintern nicht mehr in ausreichendem Maße abkühlen, um eine Durchmischung des Wasserkörpers auszulösen. Dies würde bedeuten, dass der im Tiefenwasser gezehrte Sauerstoff nur noch eingeschränkt erneuert werden kann.

Grundlage der Indikatordarstellung sind Messungen 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 derzeit noch nicht ausreichend.

Der Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser steht neben den Durchmischungsverhältnissen in engem Zusammenhang mit der Nährstoffbelastung. Hohe Phosphorkonzentrationen för-





HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT

dern das Algenwachstum. Sterben die Algen ab und werden zersetzt, sinkt der Sauerstoffgehalt besonders deutlich. Daher sind parallel zur Entwicklung der Sauerstoffgehalte auch die Phosphorgehalte zu betrachten.

In den letzten Dekaden ist der Sauerstoffgehalt im Bodensee gestiegen. Ursache hierfür ist, dass die Belastung mit Phosphor signifikant verringert werden konnte. Die Phosphorgehalte betragen Ende der 1970er- und Anfang der 1980er-Jahre noch über 80 Milligramm pro Kubikmeter Wasser. Im Jahr 2010 wurde mit einem Mittel von 5,8 Milligramm Gesamtphosphor pro Kubikmeter Wasser der niedrigste Wert erreicht. Seitdem haben sich die Werte bei unter 10 Milligramm pro Kubikmeter eingependelt. Als Folge haben sich auch die Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser verbessert. Es kann davon ausgegangen werden, dass die geringfügigen Schwankungen des Phosphorgehaltes der letzten Jahre keinen relevanten Einfluss auf die Veränderungen des Sauerstoffgehalts bzw. der Sauerstoffzehrung mehr haben.

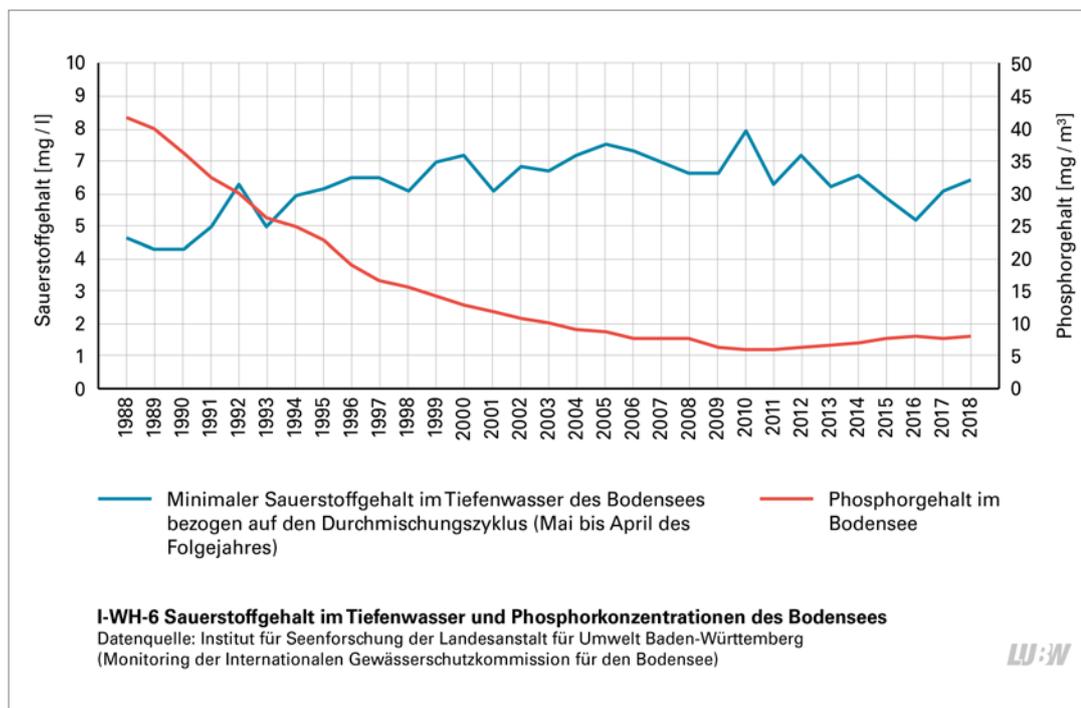
Dass die Sauerstoffgehalte vor allem in den Jahren 2013 bis 2016 zurückgingen, ist Ergebnis einer schlechteren Durchmischung aufgrund wärmerer Winter. Dies hat dazu geführt, dass der Transport von sauerstoffreichem Wasser aus den oberen Schichten in das Tiefenwasser behindert war. Unter diesen Bedingungen kann Phosphor im Tiefenwasser akkumulieren.

Einzelne kältere Winter können die Durchmischung ermöglichen und die Sauerstoffgehalte erhöhen. So war die Durchmischung im Jahr 2017 und vor allem 2018 wieder besser. In der Folge kam es zu einer Anreicherung des Tiefenwassers mit Sauerstoff.

In Zukunft muss beobachtet werden, wie sich mehrjährige Phasen schlechter Durchmischung auf die Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser auswirken und ob kritische Sauerstoffwerte erreicht werden.

Kurz notiert:

- Die Sauerstoffgehalte im Bodensee standen bis 2005 im engen Zusammenhang mit der Reduzierung der Phosphorgehalte.
- Häufigere milde Winter führen zu einer schwächeren Durchmischung und damit zu einem Rückgang des Sauerstoffs im Tiefenwasser.



QUERVERWEISE:

- I-WH-5: Wassertemperatur von Seen



Gewässern fehlt es an naturnaher und kühlender Beschattung

Einhergehend mit der Erhöhung der Lufttemperatur steigen die Wassertemperaturen. Höhere Wassertemperaturen führen zum Beispiel zu gesteigerten Stoffwechselraten von Wassertieren verbunden mit einem erhöhten Sauer-

stoffbedarf. Gleichzeitig sinkt jedoch der Sauerstoffgehalt im Wasser bedingt durch die abnehmende Löslichkeit von Gasen. Daher kann es beispielsweise für Fische und Wirbellose zu kritischen Situationen im Gewässer kommen. Ein weiterer Effekt ist der Rückgang kälteliebender Organismen.

Naturnahe Ufervegetation wie Wald, Galerie oder Röhricht beschattet das Gewässer und wirkt einer Aufheizung entgegen. Sie erhöht somit die Widerstandsfähigkeit der Gewässerökosysteme. Naturnahe Gewässerläufe und Ausuferungsmöglichkeiten mindern zudem Hochwasserspitzen. Vielfältige Gewässerstrukturen schaffen Lebensräume innerhalb des Gewässers und ermöglichen den Arten günstige Nischen aufzusuchen. Daher ist die Wiederherstellung naturnaher Gewässerstrukturen eine wichtige Voraussetzung für die „Erreichung des guten ökologischen Zustandes“ als Ziel der WRRL und deckt sich mit den Vorstellungen der Klimawandelanpassung.

Natürlicherweise wäre das Ufer fast aller kleinen und mittleren Gewässer mit Ufergehölzen, insbesondere Erlen, Weiden und Eschen, bestanden. Durch bauliche Maßnahmen an und in Gewässern, die Intensivierung der Landnutzung bis in die Gewässerrandbereiche hinein sowie die Zunahme der infrastrukturellen Erschließung haben viele Gewässer aber ihre (natürliche) Ufervegetation verloren.

Bei größeren Fließgewässern hat die Beschattung durch die begleitende Ufervegetation einen geringeren Einfluss auf die Wassertemperatur. Hinzu kommt, dass in den großen Flüssen für die Temperaturentwicklung auch Stauhaltungen und anthropogene Wärmeeinleitungen etwa durch Kühl-, Prozess- oder Abwässer eine wichtige Rolle spielen. Kühler, beschattete Uferbereiche bieten aber auch hier besonders in warmen Sommermonaten sensiblen Arten Rückzugsräume und tragen zur Verbesserung der Lebensraumbedingungen bei.





HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT

Das Gewässerumfeld hat ebenso Einfluss auf die Gewässertemperatur und den ökologischen Zustand. Ist das Umfeld stark bebaut und versiegelt, speichert es Wärme und gibt sie nachts an die Umgebung ab. Bei einer Bewaldung profitiert das Gewässer hingegen von der Verdunstung und Kühlleistung der Bäume. Die nachteiligen Effekte einer Temperaturerhöhung können durch zusätzliche Belastungen, beispielsweise durch Stoffeinträge, verstärkt werden.

Die Ufer- und Gewässerumlandstrukturen werden im Rahmen der Gewässerstrukturkartierung erfasst. Der Datenstand im Jahr 2017 ist Ergebnis der kontinuierlichen Erhebungen in den Jahren 2008–2017.

Dargestellt sind die Kartiererergebnisse für kleine und große Bäche sowie kleine Flüsse mit einer mittleren Mittelwasserspiegelbreite von bis zu zehn Metern. In diesen Fällen ist der Einfluss der Ufervegetation und des Umfelds auf die Wassertemperatur besonders ausgeprägt.

Sie bilden auch den Hauptanteil des Gewässernetzes in Baden-Württemberg.

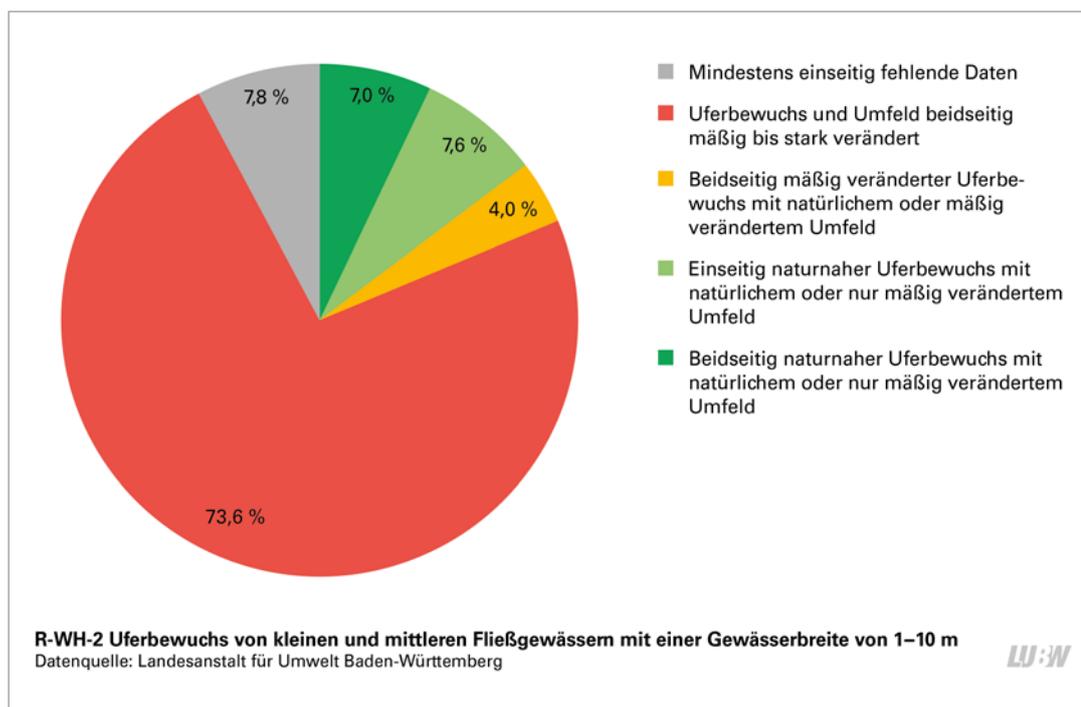
Bei beidseitigem Bewuchs wird von einer guten Beschattung ausgegangen. Bei einseitigem Bewuchs ist die Beschattung hingegen abhängig von der Himmelsrichtung. Diese ist im derzeitigen Indikator jedoch nicht berücksichtigt.

Nur für 7% der Gewässelänge können derzeit die Beschattung und der kühlende Einfluss aus dem Umfeld als günstig bewertet werden. Bei fast drei Viertel der kartierten Gewässelänge sind Uferbewuchs und Gewässerumfeld beidseitig mäßig bis stark verändert. Die Gewässer und Ökosysteme sind der Temperaturerhöhung und direkten Sonneneinstrahlung nahezu schutzlos ausgeliefert.

Es besteht somit noch erheblicher Handlungsbedarf zur Wiederherstellung naturnaher Gewässerstrukturen und der Erreichung des guten ökologischen Zustandes.

Kurz notiert:

- An den meisten Gewässern fehlt es wegen naturferner Uferstrukturen an kühlend wirkender Beschattung.
- Es besteht noch erheblicher Handlungsbedarf, die Gewässer zu revitalisieren, also naturnah umzugestalten.



QUERVERWEISE:

- I-WH-5: Wassertemperatur von Seen
- I-WH-6: Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser und Phosphorkonzentrationen des Bodensees



Hochwasserschutz ist dringlich

Der Klimawandel verschärft die Hochwassersituation weiter und macht daher ein wirksames Hochwassermanagement noch dringlicher. Das Land investiert kontinuierlich in die weitere Verbesserung des Hochwasserschutzes, und zwar direkt durch Maßnahmen an Gewässern erster Ordnung, für die das Land zuständig ist, und durch Zuwendungen an die für die Gewässer zweiter Ordnung im Rahmen

der Selbstverwaltung zuständigen Kommunen. Letzere bringen darüber hinaus Eigenmittel für den Hochwasserschutz auf, die im landesweiten Überblick nicht dargestellt sind. Investiert wird dabei beispielsweise in den Bau oder die Erhöhung von Dämmen, in die Errichtung von Schöpfwerken sowie in technisch-bauliche Maßnahmen zur Erweiterung von Retentionsräumen, insbesondere durch Rückbau und Rückverlegung von Deichen oder Erweiterungen des Gewässerbettes.

Die Mittelaufwendungen sind im Verlauf der Zeitreihe gestiegen. Vor allem bei den Landesmitteln gab es eine deutliche Zunahme. Regionale Schwerpunkte der Finanzierung von Hochwasserschutzmaßnahmen sind die Maßnahmen des Integrierten Rheinprogramms (IRP) am Oberrhein und die Dammertüchtigungsmaßnahmen am nördlichen Oberrhein. Ende 2018 waren 45,3% des gesamten Rückhaltevolumens des IRP fertiggestellt sowie insgesamt eine Länge von 204 Kilometern an landeseigenen Dämmen ertüchtigt.

Infolge der Verabschiedung der europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (EG-HWRM-RL) im Jahr 2007 wurden auf nationaler Ebene und durch die Bundesländer umfangreiche Maßnahmen zur Abschätzung von Hochwasserrisiken sowie zur Planung und Umsetzung von Hochwasserschutzmaßnahmen eingeleitet. Zusätzliche planerische Maßnahmen sind im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) verankert. Seit 2015 werden die Aufwendungen für diese planerisch-konzeptionellen Maßnahmen ebenfalls dargestellt. Enthalten sind die Aufwendungen für die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten sowie Hochwasserrisikomanagementplänen. Die Zuweisungen des Landes an den nachgeordneten Bereich beliefen sich im Jahr 2018 auf 2,64 Millionen Euro.

Bereits seit 2005 werden bei der Planung von Maßnahmen des technischen Hochwasser-



HANDLUNGSFELD WASSERHAUSHALT

schutzes 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 die Donau wird beispielsweise angenommen, dass ein Jahrhunderthochwasser in Zukunft um 25% höher ausfällt. Eine entsprechende Auslegung der Maßnahmen und die damit möglicherweise verbundenen Mehrkosten werden dann in der Planung berücksichtigt. Die für den Lastfall erforderlichen Maßnahmen werden direkt baulich umgesetzt oder es werden Vorkehrungen für eine spätere Anpassung getroffen. Zum Bei-

spiel 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 Hochwasserschutzanlagen sind oft sehr kostspielig.

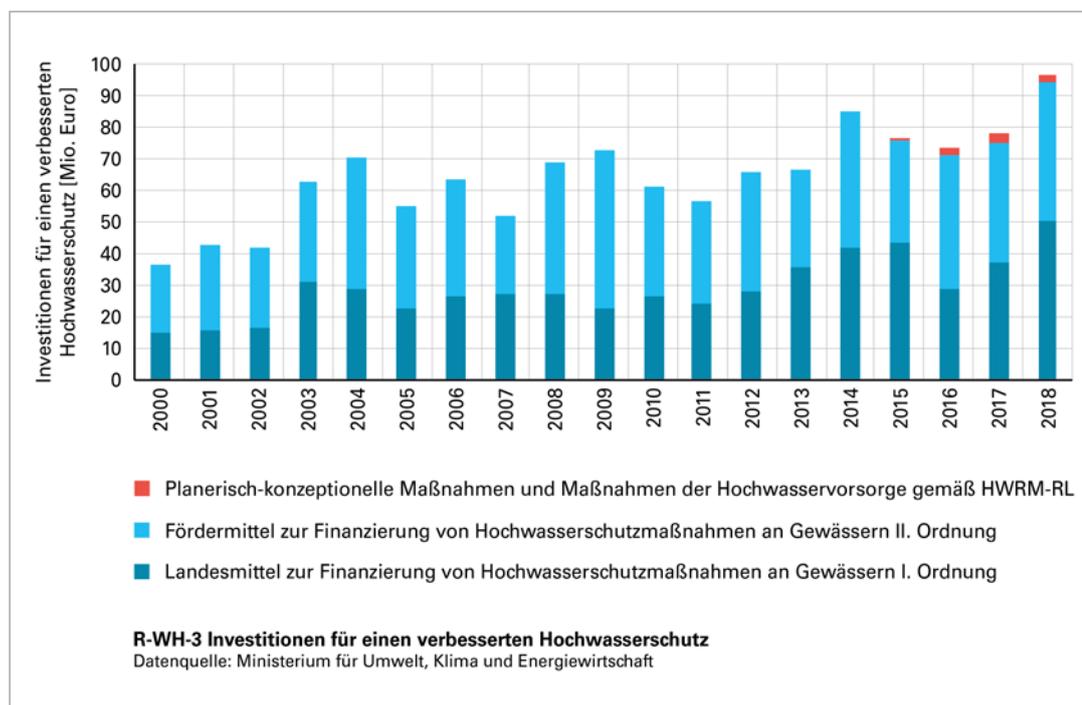
Erste positive Effekte dieser Maßnahmen werden bereits offensichtlich. Bei den Hochwasserereignissen nach 2005 wurde bei neu gebauten Hochwasserrückhaltebecken beobachtet, dass der zusätzlich vorhandene Retentionsraum teilweise oder ganz beansprucht wurde. Dies war beispielsweise beim Hochwasser im Juni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

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

Kurz notiert:

- Die Aufwendungen für den Hochwasserschutz sind gestiegen.
- Der „Lastfall Klimaänderung“ sichert gegen steigende Hochwasserrisiken ab.
- Positive Effekte der Anpassungsmaßnahmen wurden festgestellt.

* Erläuterung siehe Glossar





Handlungsfeld Tourismus

INDIKATOREN

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



Die Tourismusbranche ist ein bedeutender Wirtschaftsfaktor in Baden-Württemberg und stellt zahlreiche Arbeitsplätze. 2017 waren rechnerisch rund 390.000 Menschen in Vollzeit in der Tourismusbranche beschäftigt und der Bruttoumsatz der Branche lag bei über 25 Milliarden Euro. Besonders im ländlichen Raum bieten touristische Anziehungspunkte sowie Heilbäder und Kurorte Einkommensmöglichkeiten und Absatzmärkte. Wichtige Reiseregionen Baden-Württembergs sind beispielsweise 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 seit 2010 kontinuierlich an, im Jahr 2019 wurde die Marke von 57 Millionen Übernachtungen erreicht. Der Übernachtungsanteil von Gästen aus dem Ausland lag im Jahr 2019 bei rund 21% und hat sich damit seit 2000 mehr als verdoppelt.

Die Erfolge oder Misserfolge 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 Touristinnen und 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. Günstig für den Tourismus ist außerdem, dass die Sonnenscheinstunden in Frühling, Sommer und Winter landesweit zunehmen. Dies zeigt der Vergleich der 30-jährigen Mittel für die Zeiträume 1961–1990 zu 1989–2018. In der Herbstsaison ist hingegen die Sonnenscheindauer etwa gleichgeblieben.

Um im nationalen und internationalen Wettbewerb zu bestehen, müssen Tourismusdestinationen und -unternehmen in Baden-Württemberg flexibel auf die aktuellen Herausforderungen reagieren. Zu diesen gehören neben der Digitalisierung, dem demografischen Wandel und den sich ändernden Gästeansprüchen auch die Veränderungen durch den Klimawandel. Dies kann beispielsweise durch eine Diversifizierung des Angebots oder eine Fokussierung auf wetterunabhängige Angebote im Winter geschehen. Wichtig ist es dabei, die touristischen Angebote nachhaltig und umweltgerecht weiterzuentwickeln, denn letztlich gehören die Natur Baden-Württembergs und ihre Vielfalt zu den großen touristischen Werten des Landes.

Nicht umsonst ist „Nachhaltigkeit und die Einstellung auf den Klimawandel“ eines der Grundprinzipien der im Juli 2019 veröffentlichten neuen Tourismuskonzeption des Landes Baden-Württemberg. Vor diesem Hintergrund wird im aktuellen Monitoringbericht für das Handlungsfeld Tourismus ein zusätzlicher Indikator zu Destinationen präsentiert, die als „Nachhaltiges Reiseziel“ zertifiziert sind.



HANDLUNGSFELD TOURISMUS



Gutes Klima für den Outdoor-Tourismus

Das Tourismus- und Freizeitverhalten ist 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 Tourismus-

sparten sind der Badetourismus, Camping, der Wintersport sowie der Wander- und Naturtourismus. Daneben sind auch viele Indoor-Angebote wetterabhängig. Sie verbuchen an Schlechtwettertagen besonders viele Besucherinnen und 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 Freiluftaktivitäten wie Wandern, Radfahren, Kultur- und Städtetourismus. Zu beachten ist aber, dass verschiedene Outdoor-Aktivitäten durchaus unterschiedliche Anforderungen an das Wetter stellen können. Für den Badetourismus spielen beispielsweise auch Bewölkung und Wind eine Rolle.

Die tourismusklimatischen Bedingungen schwanken zwischen einzelnen Jahren stark, da die Witterungsverhältnisse von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich ausfallen. Trotz dieser Schwankungen setzt sich die bereits im letzten Monitoringbericht festgestellte Entwicklung weiter fort: Die Zahl der Tage mit Touristenklima pro Jahr nimmt signifikant zu. Das Jahr 2018 war in allen Regionen das Jahr mit den bislang meisten Tagen mit Touristenklima. Im landesweiten Durchschnitt übertraf es mit rund 130 solchen Tagen die bisherigen Spitzenjahre 2011 und 2014.

Die besonders heißen Jahre gehören nicht zu den Spitzenjahren in der Zeitreihe. So schnitt das Jahr 2018 im Vergleich zum sehr heißen Jahr 2003 deutlich besser ab. Das lag vor allem daran, dass 2018 zwar ein trockenes und sehr warmes, aber kein extrem heißes Jahr war. In heißen Jahren wie 2003, 2006 oder 2010 kommt es vermehrt zu Temperaturen





HANDLUNGSFELD TOURISMUS

über 30°C. Die tourismusklimatischen Bedingungen fallen dann vor allem in den an sich wärmebegünstigten Regionen schlechter aus. Dort sind beispielsweise Städtereisen aufgrund der auftretenden Hitzebelastung im Sommer wenig attraktiv. Badetouristinnen und -touristen sehen höhere Luft- und Wassertemperaturen zunächst positiv. Wenn hohe Temperaturen zusammen mit einem erhöhten Nährstoffangebot aber dazu führen, dass Uferbereiche mit Pflanzen zuwachsen oder sich Cyanobakterien massenhaft vermehren, können Gewässer für Badegäste unattraktiv werden.

Die Zunahme an Tagen mit Touristenklima ist in allen Reiseregionen des Landes zu beobachten. Unterschiede zwischen den Regionen gibt es aber in der Anzahl dieser Tage. So sind beispielsweise im Rhein-Neckartal und im nördlichen Baden-Württemberg günstige tourismusklimatische Bedingungen häufiger als in den Schwarzwaldregionen.

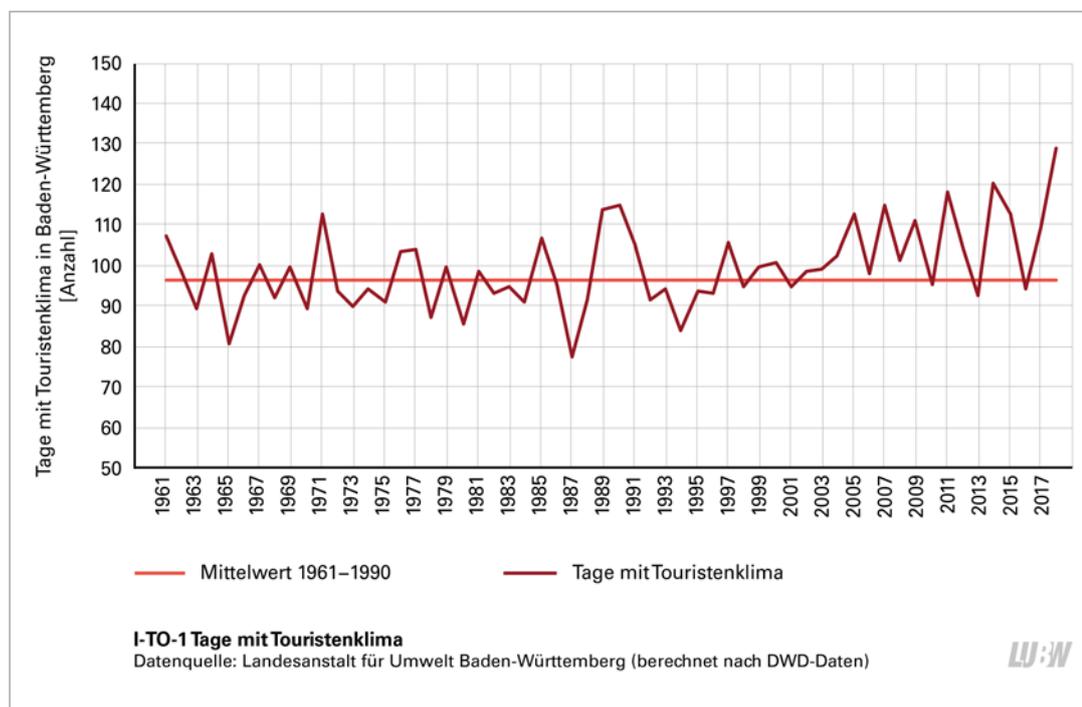
Die weiterhin steigende Zahl der Tage mit Touristenklima im Land ist mit günstiger werden-

den klimatischen Verhältnissen für Tourismus- und Freizeitaktivitäten im Freien verbunden. Dies gilt nicht nur für die klassischen Sommermonate Juli und August, sondern auch für das Frühjahr und den Frühherbst. 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 verteilen. Von dieser Entwicklung profitieren auch eher kühle Regionen wie der südliche Schwarzwald, in denen die Tage mit Touristenklima besonders deutlich zunahmen.

Die Marke „Wir sind Süden. Baden-Württemberg“, mit der das Land als Destination auftritt, greift die günstigen tourismusklimatischen Bedingungen auf. Folgerichtig ist in der badenwürttembergischen Tourismuskonzeption 2019 das Thema „Natur“ mit Freiluftaktivitäten in den Bereichen Naturerlebnis, Wandern, Radfahren und Landurlaub eine der vier zentralen Themenmarken für die zukünftige touristische Entwicklung des Landes.

Kurz notiert:

- Die klimatischen Voraussetzungen für Outdoor-Aktivitäten sind signifikant günstiger geworden.
- Seit Mitte der 1990er-Jahre ist das „Touristenklima“ in den meisten Jahren besser als in der Vergleichsperiode 1961–1990.
- 2018 war in allen Regionen Spitzenreiter bei den Tourismustagen.
- Alle Regionen profitieren davon.



QUERVERWEISE

- I-TO-2: Saisonalität von Übernachtungen
- I-GE-1: Hitzebelastung
- I-WH-5: Wassertemperatur von Seen



Längere Saison für Sommertourismus

Der Tourismus im Sommerhalbjahr in Baden-Württemberg kann von den klimatischen Veränderungen profitieren. Mit der Klimaerwärmung wird die klimatische Situation in der Nebensaison komfortabler. Im späten Frühjahr und im frühen Herbst werden warme und sonnige Tage häufiger und die Witterungsbedingungen für den Tourismus günstiger. Auch andere Faktoren stärken die sommerliche

Nebensaison: Durch den demografischen Wandel nimmt der Anteil älterer Menschen in der Bevölkerung zu, sodass weniger Menschen an einen Urlaub in Schulferienzeiten gebunden sind und auf die Nebensaison ausweichen können. Zudem bewegen ökonomische Gründe Urlaubende dazu, ihre Reisen für die günstigere Nebensaison zu buchen. Für Baden-Württemberg kommt zudem auch ein breites Angebot für Tourismusformen wie Wellness- bzw. Gesundheitsurlaub hinzu, die aktuell im Trend liegen. Sie sind in großem Maße witterungsunabhängig und werden das ganze Jahr über nachgefragt.

In den vergangenen Jahren hat der Tourismus in Baden-Württemberg insgesamt eine sehr positive Entwicklung genommen. Das Land wird als Reiseziel immer beliebter: Seit 2010 steigen die Gäste- und Übernachtungszahlen in den Beherbergungsbetrieben kontinuierlich an. Dies gilt auch und besonders für das touristische Sommerhalbjahr, für das im Jahr 2019 der bisherige Spitzenwert bei der Anzahl der Übernachtungen erreicht wurde.*

Der positive Trend im touristischen Sommerhalbjahr, also den Monaten Mai bis Oktober, kommt dabei Haupt- und Nebensaison gleichermaßen zugute, denn die saisonalen Unterschiede sind im gesamten betrachteten Zeitraum relativ gering. Gemessen werden die saisonalen Unterschiede mit dem sogenannten Saisonalitätskoeffizient. Zu seiner Berechnung wird der Monat mit den meisten Übernachtun-

* 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 auch in den dargestellten Zeitreihen des Saisonalitätskoeffizienten und der ebenfalls dargestellten Anzahl der Übernachtungen wider.





HANDLUNGSFELD TOURISMUS

gen zum Monat mit den wenigsten Übernachtungen ins Verhältnis gesetzt. 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 1.

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 Übernachtungszahlen. Das bedeutet, die zusätzlichen Übernachtungen verteilen sich gleichmäßig auf das Sommerhalbjahr. Besonders deutlich zeigt sich das im Jahr 2018: In diesem Jahr gab es in Baden-Württemberg die meisten Übernachtungen und in keinem anderen Jahr seit 2004 war die Saisonalität geringer.

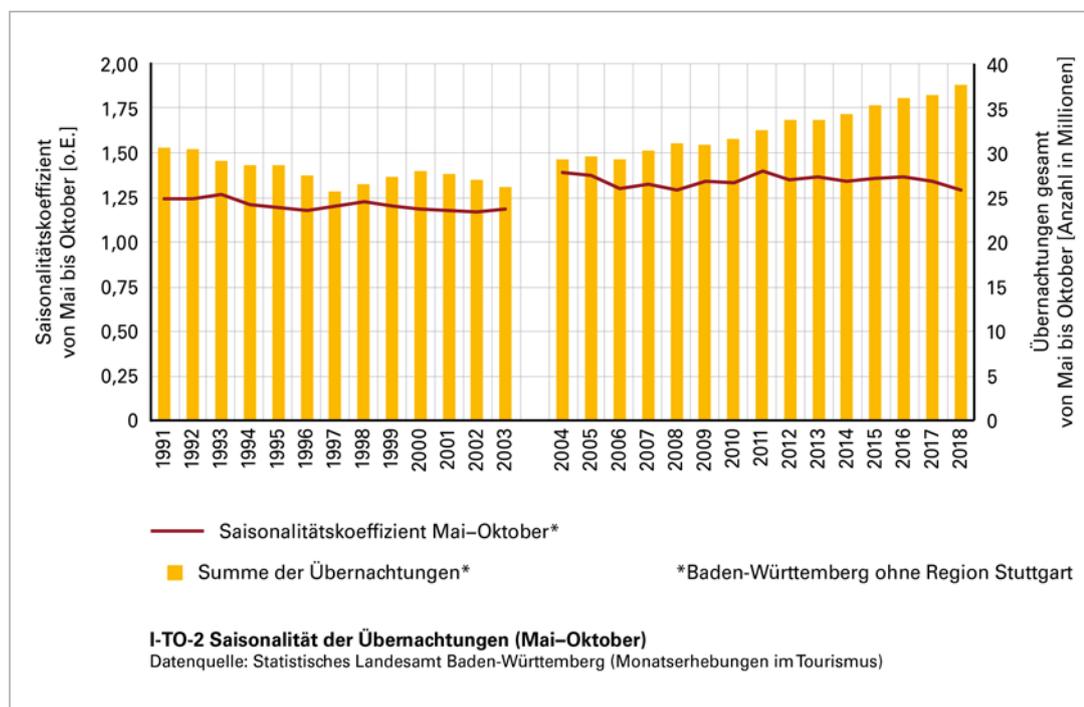
In einzelnen Reiseregionen, vor allem in der Bodenseeregion und in geringerem Maß im südlichen Schwarzwald, ist die Saisonalität

deutlich stärker ausgeprägt als im landesweiten Durchschnitt. In der Bodenseeregion mit ihrem Schwerpunkt Badetourismus waren bislang die Sommerferienmonate Juli und August besonders wichtig. Hier ist es in den letzten Jahren gelungen, die touristischen Kapazitäten im Sommerhalbjahr gleichmäßiger auszulasten – die Saisonalität in der Region nahm seit 2004 signifikant ab.

An der erhöhten Saisonalität im südlichen Schwarzwald änderte sich bisher wenig. Der Schwerpunkt der Urlaubsaktivitäten im Sommerhalbjahr liegt neben dem Gesundheitstourismus auf Wander-, Rad- und Naturtourismus. Aufgrund der Höhenlage sind die Wetter- und Witterungsbedingungen in der Region für Outdoor-Aktivitäten bisher vor allem im Hochsommer günstig. Dies könnte sich künftig ändern. Zu beobachten bleibt, ob der in weiten Teilen Baden-Württembergs ohnehin geringe Saisonalitätskoeffizient im Zuge des Klimawandels noch weiter zurückgeht und sich die Auslastung noch gleichmäßiger über die Monate des Sommerhalbjahrs verteilt.

Kurz notiert:

- Für Touristinnen und Touristen ist Baden-Württemberg den ganzen Sommer über attraktiv.
- Seit 2004 sind die Übernachtungszahlen im Sommer kontinuierlich und signifikant angestiegen.
- Am Bodensee ist die Nebensaison immer beliebter geworden.



QUERVERWEISE
► I-TO-1: Tage mit Touristenklima



Wechselhafte Schneelage im Schwarzwald

In Baden-Württemberg sind der alpine und nordische Schneesport vor allem im Schwarzwald wichtige Säulen für den Tourismus. Diese Region ist daher besonders auf gute Schneebedingungen angewiesen.

Die Organisation für ökonomische Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) verwendet die sogenannte 100-Tage-Regel, um die Schneesicherheit von Skigebieten für alpinen Skisport zu beurteilen. Diese Regel besagt, dass ein Skigebiet dann erfolgreich betrieben werden kann, wenn die natürliche Schneehöhe in der mittleren Lage an 100 Tagen in der Saison mindestens 30 cm erreicht. Für nordischen Wintersport reicht eine geringere Schneeauflage.

Der Indikator stellt die Anzahl der Schneetage dar, an denen die 30 cm-Schwelle in Gemeinden mit alpinen Skisporteinrichtungen im nördlichen und südlichen Schwarzwald erreicht wird. In beiden Regionen ist die Zahl der Schneetage sehr wechselhaft. Die Marke von 100 Schneetagen wurde seit 1970 im nördlichen Schwarzwald gar nicht und im südlichen Schwarzwald nur in sieben Jahren erreicht. Nach teils sehr schneereichen Wintern in den 1970er- und 1980er-Jahren brach die Zahl der Schneetage 1988 ein. Nach etlichen recht milden und trockenen Wintern lag die Zahl der Schneetage beginnend mit dem kalten und zugleich feuchten Winter 1998/99 im Südschwarzwald in einigen Wintern wieder höher. Ein signifikanter Trend ist aber nicht nachweisbar. Im nördlichen Schwarzwald blieben schneereiche Winter seit Ende der 1980er-Jahre die Ausnahme. Anders als noch im Berichtsjahr 2016 zeigt die Zahl der Schneetage hier mittlerweile eine signifikante Abnahme. Die Höhenlage ist ein Grund für die unterschiedliche Schneesituation: Im höheren Südschwarzwald sind die Wintertemperaturen durchschnittlich niedriger, und im Vergleich zum Nord-schwarzwald können hier mehr feuchte Luftmassen als Regen oder Schnee niedergehen.

Für die Zukunft weisen die klimatischen Leitplanken der LUBW darauf hin, dass zwar bis



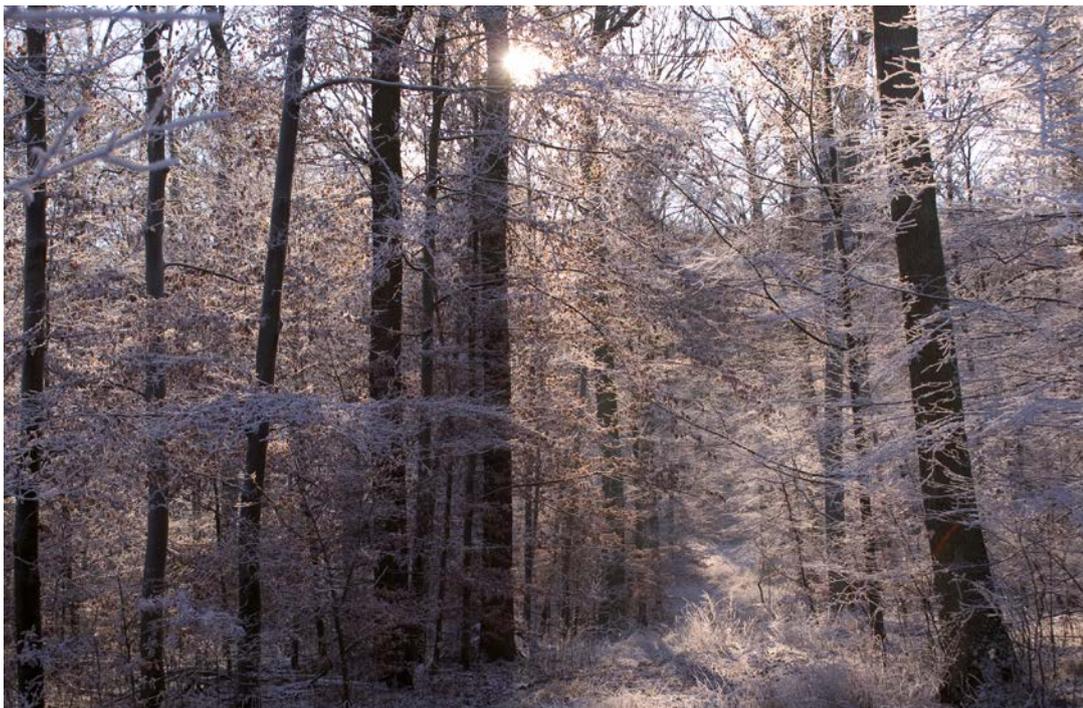
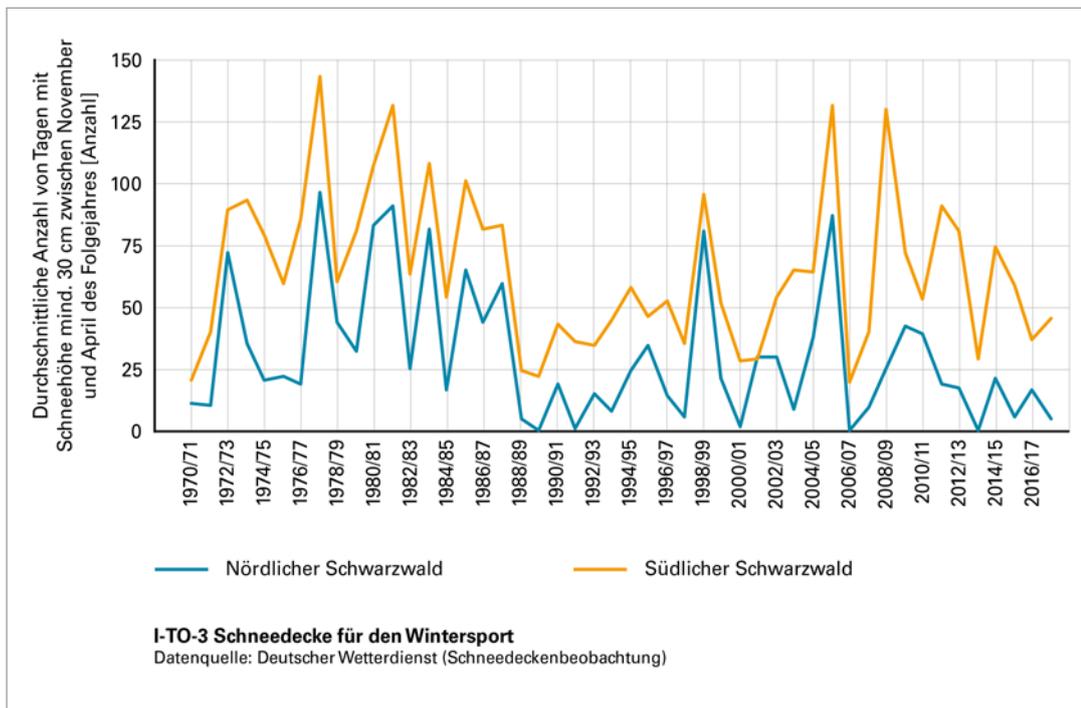
HANDLUNGSFELD TOURISMUS

zur Mitte des 21. Jahrhunderts einige Hochlagen noch von zunehmenden Winterniederschlägen profitieren können. Bis Ende des

21. Jahrhunderts ist aber davon auszugehen, dass es in den Mittelgebirgen nicht mehr genug Schnee für alpinen Wintersport geben wird.

Kurz notiert:

- Seit 1990 gab es im südlichen Schwarzwald nur zwei gute Schneeejahre mit mehr als 100 Schneetagen.
- Im Nordschwarzwald hat die Zahl der Schneetage signifikant abgenommen.
- Für die Zukunft wird ein deutlicher Rückgang von Frost- und Beschneigungstagen erwartet.



QUERVERWEISE:

- I-TO-4: Übernachtungen in Wintersportorten



Südschwarzwald im Winter besonders attraktiv

Die Schneesicherheit ist zwar ein wichtiger, aber nicht der einzige Faktor für den Erfolg von Wintertourismusdestinationen. Auch Marketingstrategien, Sporttrends und Moden sowie wirtschaftliche und soziale Entwicklungen beeinflussen die touristische Nachfrage.

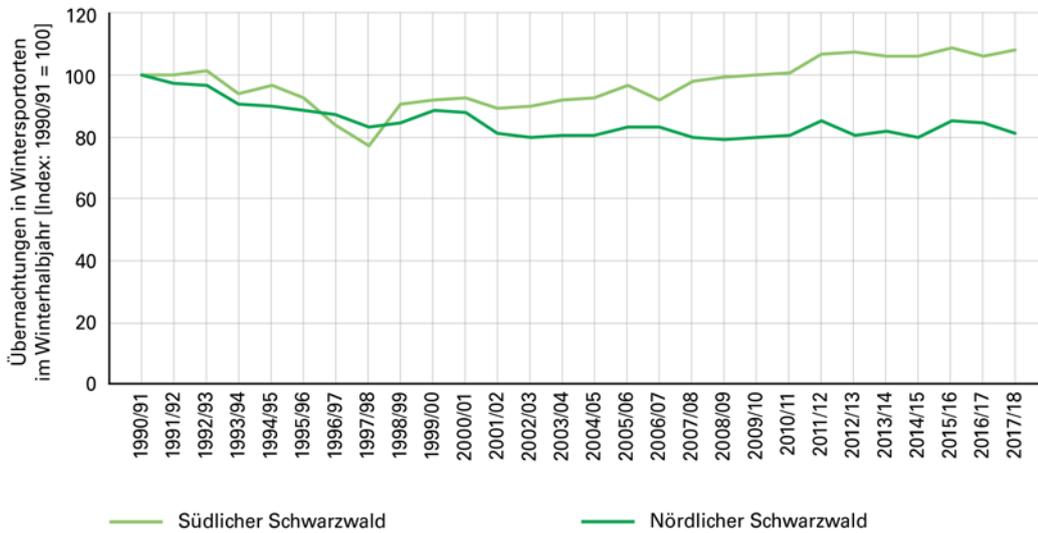
Die Entwicklung der Nachfrage nach winter-touristischen Angeboten lässt sich am Index der Gästeübernachtungen im Winterhalbjahr in den Schwarzwaldgemeinden mit alpinen Wintersportangeboten ablesen. Bei der Bewertung ist zu berücksichtigen, dass Übernachtungsgäste nur einen Teil der Wintertouristinnen und -touristen ausmachen. Im Schwarzwald stellen Tagesgäste 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. Anschließend entwickelten sich die Regionen unterschiedlich: Im Südschwarzwald leiteten die schneereicheren Winter Ende der 1990er-Jahre eine statistisch signifikante Trendwende ein – die Gästeübernachtungen nehmen wieder zu. Im Nordschwarzwald pendelten sich die Übernachtungszahlen hingegen seit dem Winter 2000/01 auf einem insgesamt etwas niedrigeren Niveau ein. Damit setzen sich in beiden Regionen die für das Berichtsjahr 2016 festgestellten Tendenzen fort.

Ein Grund für die unterschiedlichen Entwicklungen können die günstigeren Schneebedingungen im Südschwarzwald sein. Der Anstieg der Übernachtungszahlen im Südschwarzwald und der gleichbleibende Verlauf im 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 Regionen können die Entwicklung aber auch selbst aktiv beeinflussen. Zum Beispiel, indem sie schneeeunabhängige Angebote wie Wellnessurlaub schaffen oder für eine Übergangszeit Maßnahmen ergreifen, um Pisten und Loipen schneesicherer zu machen.



HANDLUNGSFELD TOURISMUS



I-TO-4 Wintertourismus in Wintersportorten

Datenquelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Monatserhebungen im Tourismus)

Kurz notiert:

- Der Rückgang der Schneedecke in den 1990er-Jahren führte zu einem Einbruch der Übernachtungszahlen.
- Der südliche Schwarzwald ist nach wie vor im Aufwärtstrend.
- Im nördlichen Schwarzwald sind die Übernachtungszahlen geringer, aber stabil.



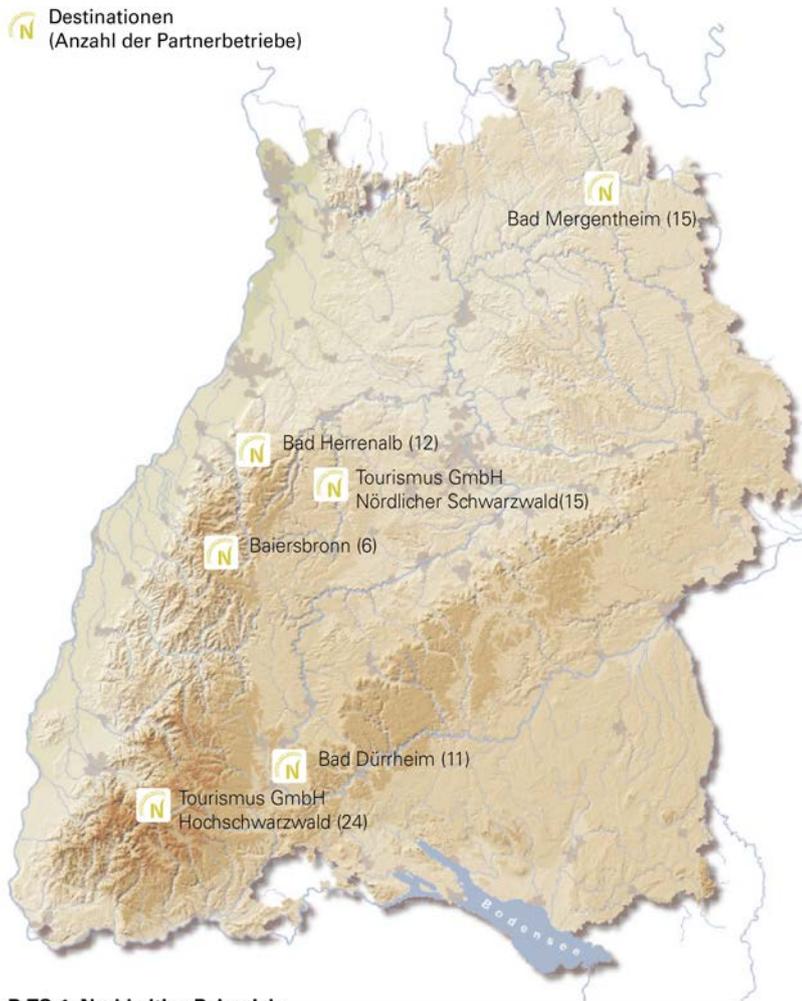
QUERVERWEISE:

- I-TO-3: Schneedecke für den Wintersport



HANDLUNGSFELD TOURISMUS

Nachhaltige Reiseziele in Baden-Württemberg



R-TO-1: Nachhaltige Reiseziele

Destinationen mit Anzahl der Partnerbetriebe

Grundlage: © LGL BW, TourCert,

Ministerium der Justiz und für Europa Baden-Württemberg, LUBW

LU:W

Nachhaltige Reiseziele in Baden-Württemberg

Das Thema Nachhaltigkeit ist ein wichtiges Kriterium für die Reiseentscheidung. Die Reiseanalyse der Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen (FUR) ermittelte im Jahr 2019, dass 57% der Bundesbürger ab 14 Jahre Wert auf einen möglichst sozial verträglichen, ressourcenschonenden und/oder umweltfreundlichen

Urlaub legen. Inzwischen sind es vermutlich noch mehr. Zu einem nachhaltigen Tourismus gehören auch Klimaschutz und -anpassung. In Baden-Württemberg bemühen sich viele touristische Destinationen und Betriebe schon seit Längerem erfolgreich, das Klima zu schützen und Emissionen von Treibhausgasen zu vermeiden. Sie nutzen zum Beispiel erneuerbare Energien für Strom und Wärme oder bieten Möglichkeiten an, mit Rad, Bus oder Bahn am Urlaubsort klimaschonend mobil zu sein.

In den vergangenen Jahren haben heiße und trockene Sommer, Starkregenfälle, Überschwemmungen, Sturm und Hagel die Folgen des Klimawandels auch im Tourismus stärker in den Blick gerückt. Und damit verbunden auch die Frage, wie gegen diese Auswirkungen Vorsorge getroffen werden kann. Die Möglichkeiten hierzu sind sehr vielfältig. Je nach Schwerpunkt des touristischen Angebots des Unternehmens oder der Destination, zum Beispiel Outdoor-Tourismus, Wintertourismus oder Gesundheitstourismus, und je nach Region, Standort und Höhenlage, sind die Maßnahmen sehr individuell zu treffen. Auch ist die Anpassung an den Klimawandel keine einmalige Aktivität oder Investition. Sie ist vielmehr eine dauerhafte Anforderung und bei der konzeptionellen Weiterentwicklung des Angebots ebenso mitzudenken wie bei der Sanierung oder Renovierung touristischer Infrastrukturen. Diese auf lange Frist angelegte Perspektive ist eng mit den Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung verknüpft. Nicht umsonst lautet eines der Grundprinzipien der baden-württembergischen Tourismuskonzeption „Nachhaltigkeit und Einstellung auf den Klimawandel“.

Der Indikator „Nachhaltige Reiseziele“ zeigt, welche Destinationen in Baden-Württemberg sich schon explizit einer nachhaltigen Entwicklung verschrieben haben und als „Nachhaltiges Reiseziel“ zertifiziert wurden. Klimaanpassung ist dabei nicht nur ein Nebeneffekt. Der sehr differenzierte Kriterienkatalog für die Zertifi-



HANDLUNGSFELD TOURISMUS

zierung, die das Land entwickelt hat, führt die gezielte Information zu den Klimarisiken und möglichen Anpassungsmaßnahmen als eigenen Punkt auf. Andere Kriterien sind ebenfalls anpassungsrelevant. Beispielsweise wird berücksichtigt, ob Destinationen ein Risikomanagement zum Schutz von Gästen und Mitarbeitenden einführen, sie die saisonale Flexibilität ihres Angebots fördern oder Maßnahmen durchführen, um die biologische Vielfalt zu erhalten und zu fördern. Die Zertifizierung setzt damit an vielen Punkten an, die sich positiv auf die Anpassung von Destinationen und Betrieben an den Klimawandel auswirken.

Die Zertifizierung „Nachhaltiges Reiseziel“ sieht einen kontinuierlichen Beratungs- und Optimierungsprozess zu allen Kriterien vor. Jährlich finden eine Prüfung und Beratung statt, die Rezertifizierung erfolgt alle drei Jahre. Ausgehend vom Status quo werden eine destinationsbezogene Strategie (weiter)entwickelt und dazu passende Maßnahmen geplant und priorisiert. In der Ersterhebung werden alle Belange besprochen und anschließend sukzessive

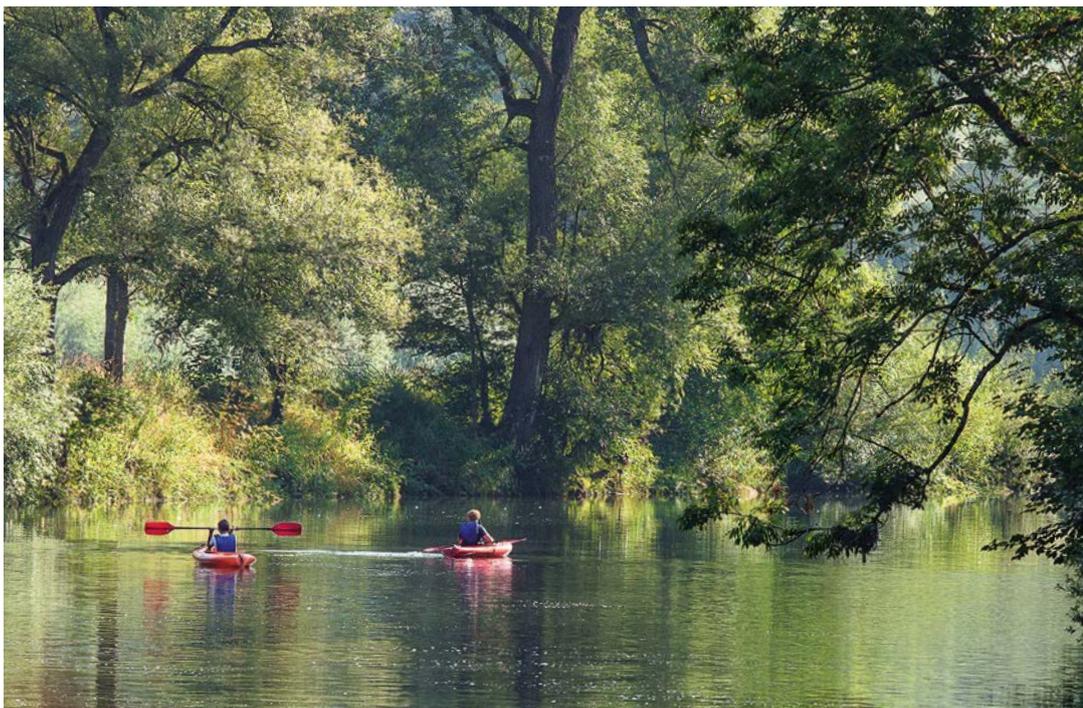
bearbeitet. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass Destinationen und Betriebe früher oder später jedes Thema bearbeiten – auch die Klimaanpassung. Inhalte der Beratung können dann Maßnahmen von der Bewusstseinsbildung und Sensibilisierung in der Destination über eine Einschätzung der Vulnerabilität* bis hin zur Entwicklung konkreter Maßnahmen in einzelnen Partnerbetrieben sein.

Die Zertifizierung „Nachhaltiges Reiseziel Baden-Württemberg“ wird seit 2014 vergeben. Im Land sind derzeit sechs Destinationen mit insgesamt gut 80 Partnerbetrieben zertifiziert. Vier der Destinationen liegen im Schwarzwald, außerdem sind Bad Mergentheim im fränkischen Nordosten Baden-Württembergs sowie Bad Dürkheim in der Baar-Ebene zertifiziert. In der Pilotphase der Zertifizierung waren auch der Europapark Rust im Oberrheingraben, die Stadt Stuttgart, der Naturpark Schwäbisch-Fränkischer Wald sowie die Insel Mainau beteiligt.

Kurz notiert:

- Seit 2014 gibt es die Zertifizierung „Nachhaltiges Reiseziel Baden-Württemberg“
- Aktuell sind sechs Destinationen im Land zertifiziert.

* Erläuterung siehe Glossar





Handlungsfeld Gesundheit

INDIKATOREN

I-GE-1: Hitzebelastung

I-GE-2: Wärmebedingte Sterbefälle

I-GE-3: Überträger von Krankheitserregern

I-GE-4: Ambrosiavorkommen

R-GE-1: Bekämpfungsaktivitäten Ambrosia





Der Klimawandel beeinflusst die menschliche Gesundheit auf unterschiedliche Weise. Sehr direkt 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 gibt es neue Infektionsrisiken infolge der Ausbreitung tierischer Überträger von Krankheitserregern.

Insgesamt leben in Baden-Württemberg elf Millionen Menschen. Das Bundesland ist bundesweit Spitzenreiter in der Lebenserwartung und zwar bei beiden Geschlechtern. Neugeborene Mädchen haben statistisch gesehen derzeit eine Lebenserwartung von 84,1 Jahren. Neugeborene männlichen Geschlechts werden demnach 79,7 Jahre alt. Auch Menschen, die heute bereits im Rentenalter sind, haben eine höhere Lebenserwartung als noch vor zehn Jahren. Voraussetzungen 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.

Dieser aktualisierte Monitoringbericht beinhaltet für das Handlungsfeld Gesundheit zwei zusätzliche Indikatoren. Das Statistische Landesamt Baden-Württemberg hat auf der Grundlage der Statistik der natürlichen Bevölkerungsbewegung Modellrechnungen zu wärmebedingten Sterbefällen durchgeführt, die nun präsentiert werden können. Die LUBW kann inzwischen aus dem Ambrosiamonitoring Informationen zu den Bekämpfungsaktivitäten zur Verfügung stellen. Auch aus diesen Daten ist ein neuer Indikator entstanden.



Immer wieder Hitzewarnungen

Infolge des Temperaturanstiegs treten in Baden-Württemberg 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 Flüssig-

keits- und Elektrolytverluste durch Schwitzen und einer übermäßigen Belastung des Herz-Kreislauf-Systems. 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 DWD 2005 deutschlandweit ein Hitzewarnsystem ein. Es wird gewarnt, wenn an zwei aufeinander folgenden Tagen eine mindestens „starke Wärmebelastung“ (32°C bis 38°C gefühlter Temperatur) 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 ein eindeutiger Trend der Hitzewarnungen in der Zeitreihe noch nicht ab. Es wurden aber bisher in allen Jahren Hitzewarnungen ausgesprochen. Seit 2008 lag die durchschnittliche Anzahl an Warnungen pro Warnkreis immer über 5 Tagen. In sechs von 14 Jahren wurden an über 15 Tagen Hitzewarnungen ausgesprochen. Die höchste Anzahl an Warnungen gab es mit durchschnittlich 27 Hitzewarnungen pro Warnkreis im Sommer 2015.

Hohe ganzjährliche oder auch sommerliche Durchschnittstemperaturen führen nicht zwangsläufig zu einer hohen Zahl von Hitzewarnungen. So wurde in 2018 mit der Jahres-





HANDLUNGSFELD GESUNDHEIT

mitteltemperatur von 10,4°C der bisherige Temperaturrekord aus dem Jahr 2014 um 0,3°C übertroffen. Dennoch blieb die Anzahl der Hitzewarnungen hinter der des Jahres 2015 zurück.

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. Die großen Verdichtungsräume in Baden-Württemberg liegen in den Tiefebene wie der Rheinebene und dem mittleren Neckarraum, was bedeutet, dass viele Menschen der Hitze ausgesetzt sind.

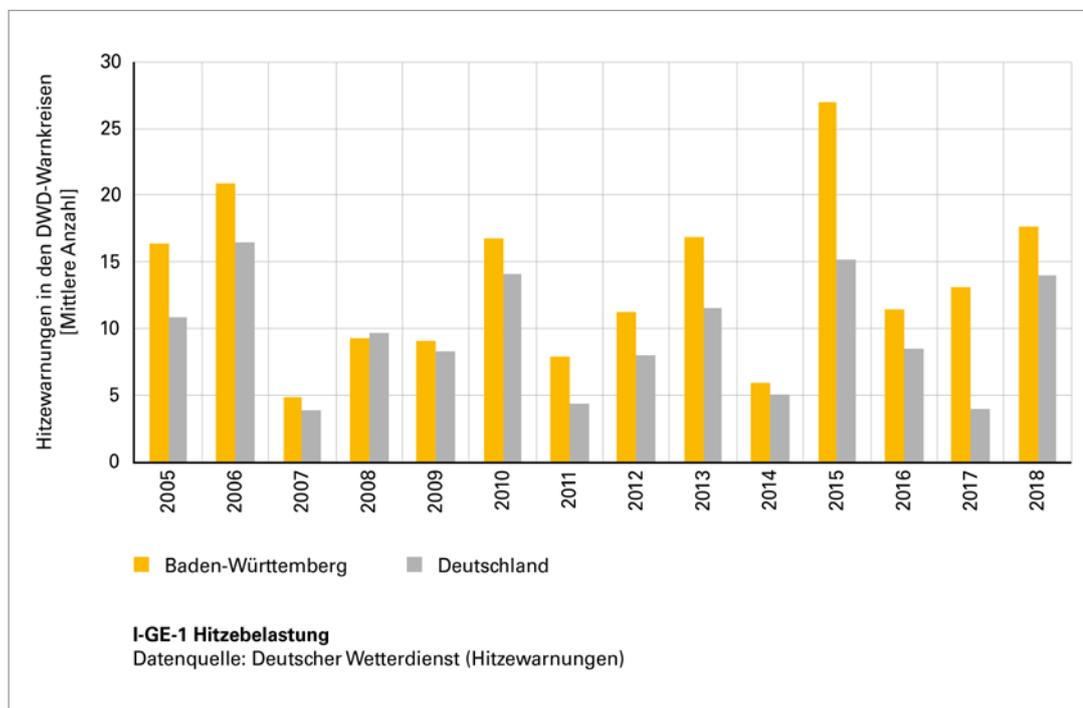
Laut Klimamodellen wird sich die durchschnittliche Anzahl Heißer Tage in Baden-Württemberg im Projektionszeitraum 2021–

2050 gegenüber dem Beobachtungszeitraum 1971–2000 im extremsten 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 Einwohnerinnen und Einwohnern in Baden-Württemberg ist der Anteil der 65-Jährigen und Älteren heute mit etwa 20% doppelt so hoch wie noch 1960. Bis 2060 wird dieser Anteil nach Berechnungen des Statistischen Landesamts auf 30% ansteigen. Die Zahl der Hochbetagten (85-Jährige und Ältere) wird auf über 800.000 ansteigen und sich damit im Vergleich zu heute annähernd verdreifachen. Häufigere und stärkere Hitzewellen werden daher in der Zukunft auf eine ältere Gesellschaft treffen und wahrscheinlich gravierende Auswirkungen haben.

Kurz notiert:

- Der Klimawandel bringt vermehrt gesundheitlich belastende Hitzeereignisse.
- Die Zahl der Hitzewarnungen bewegte sich auch in den letzten drei Jahren auf hohem Niveau.
- Häufigere und stärkere Hitzewellen treffen auf eine zukünftig ältere und damit besonders hitzesensible Bevölkerung.



QUERVERWEISE:

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



Hitzewellen mit Todesfolge

Die gesundheitlichen Belastungen durch Hitzewellen können im Extremfall zum Tod führen. Die Todesursache ist dabei in der Regel nicht primär die Hitzeeinwirkung selbst, sondern der Tod ist Folge von Überlastungen des Herz-Kreislauf-Systems, von Stoffwechselstörungen oder auch von psychischen und Verhaltensstörungen, hier insbesondere von De-

menz. Letzteres führt unter anderem dazu, dass die meist hochbetagten Menschen ein fehlendes Durstempfinden haben und nicht ausreichend Flüssigkeit zu sich nehmen.

In Baden-Württemberg sind im Sommer 2018 knapp 2.000 Menschen aufgrund hoher Temperaturen verstorben. Damit entfielen 7,5% der rund 26.200 Sterbefälle in den Sommermonaten Juni, Juli und August auf „Hitze“. Zu den meisten hitzebedingten Todesfällen, insgesamt 1.500, kam es im August. Die Durchschnittstemperatur lag in diesem Monat bei 20 °C und damit immerhin 3 °C über dem langjährigen Durchschnitt. Der August war somit der zweit heißeste seit 1952.

Ähnlich hoch war die Zahl der „Hitzetoten“ im Juli 2015, in dem die Temperaturen ebenfalls deutlich über dem langjährigen Durchschnitt lagen. Die höchste Zahl hitzebedingter Sterbefälle wurde bisher für den „Jahrhundertsummer 2003“ ermittelt. Damals starben annähernd 2.700 Menschen. Im Jahr 2019 war der August ebenso der kritischste Monat mit einer Durchschnittstemperatur von 21,7 °C.

Die in den einzelnen Jahren sehr unterschiedliche Zahl hitzebedingter Todesfälle ist nicht allein Folge hoher Temperaturen, auch die Luftfeuchtigkeit und die Windverhältnisse bestimmen die Belastung. Außerdem können die mit Hitzewellen oftmals einhergehenden windschwachen Hochdrucklagen dazu führen, dass die Konzentration von Schadstoffen wie Feinstaub, Ozon und Kohlenmonoxid deutlich ansteigt. Die damit einhergehende Zunahme von Atemwegsinfektionen kann zu einer nochmals erhöhten Sterblichkeit führen.

Einen wichtigen Einfluss nehmen auch individuelle Risikofaktoren. Hierzu zählen insbesondere ein höheres Alter sowie Vorerkrankungen, etwa chronische Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen.



HANDLUNGSFELD GESUNDHEIT

Der zukünftig erwartete Temperaturanstieg bedeutet nicht zwangsläufig, dass es in Zukunft tatsächlich zu mehr hitzebedingten Sterbefällen kommen muss. Zum einen ist davon auszugehen, dass sich die Bevölkerung besser auf Hitzewellen einstellen wird. Dies kann mit Verhaltensänderungen, physiologischen Umstellungen (Hitzeadaptation) oder auch technischen Maßnahmen wie dem Einbau von Klimaanlage oder einer besseren Gebäudedämmung im Wohn- oder Arbeitsumfeld geschehen. Zum anderen werden auch von staatlicher Seite längerfristige Anpassungsstrategien verfolgt, die beispielsweise eine klimagerechte Stadtplanung durch Erhaltung von Freiflächen, Parkanlagen und Frischluftflächen zum Ziel haben.

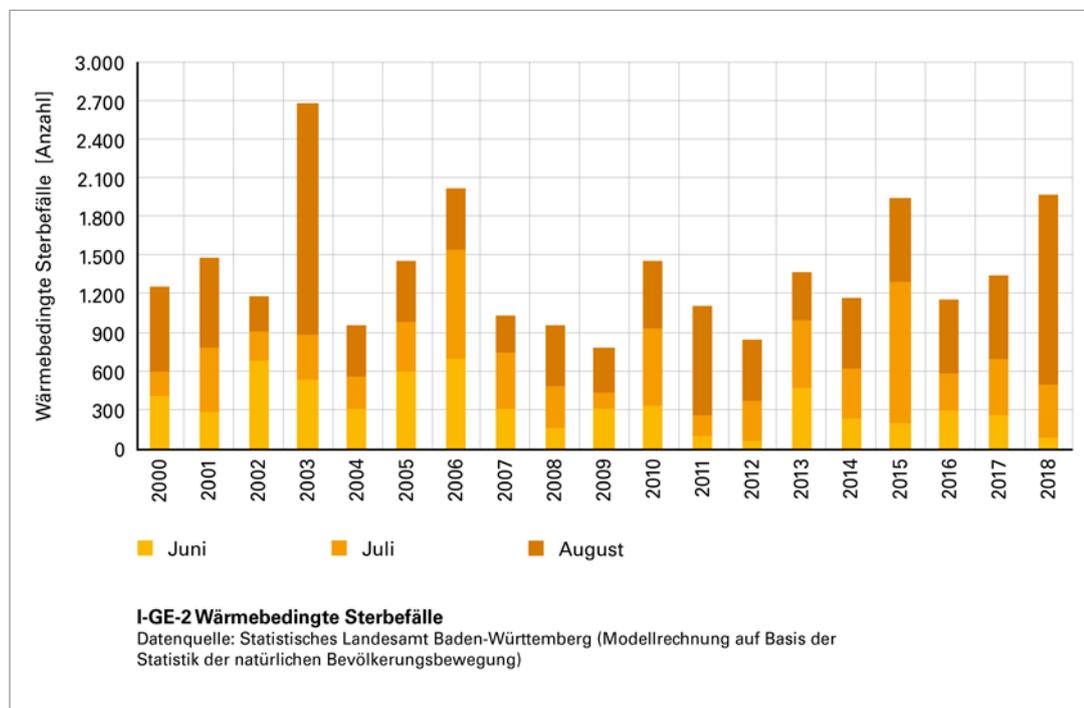
Forschungsergebnisse zeigen, dass bereits im Laufe der letzten Jahrzehnte bei gleichen Bedingungen von Hitze und Feuchtigkeit zuletzt

weniger Menschen gestorben sind, also Anpassungsprozesse bis zu einem gewissen Maße bereits stattgefunden haben.

Bei den dargestellten Werten handelt es sich um Schätzwerte, die aus der Sterbefallstatistik abgeleitet sind. Dabei werden die aufgetretenen Todesfälle in den Sommermonaten des jeweiligen Jahres ins Verhältnis zur Anzahl sommerlicher Todesfälle in den Jahren gesetzt, in denen der Anteil sommerlicher Todesfälle an den gesamten Todesfällen im Zeitraum April bis November besonders gering war. Für diese Jahre ist davon auszugehen, dass es keine bzw. nur sehr wenige Hitzetote gegeben hat. Zur Berechnung bzw. Schätzung der Hitzetoten kommen nach wie vor unterschiedliche Verfahren zum Einsatz. Abgesicherte Daten wird es erst dann geben, wenn die Todesursachenstatistik eine eindeutigere Zuordnung der Todesfälle zu Hitzeeinwirkungen erlaubt.

Kurz notiert:

- Während Hitzewellen nimmt die Sterblichkeit zu.
- Todesfälle haben aber in der Regel mehrere Ursachen.
- Im Sommer 2018 gab es geschätzt 2.000 Hitzetote im Land.



QUERVERWEISE:

- I-GE-1: Hitzewarnungen



Immer häufiger Tigermücken

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 deren Übertragungs-

vektoren* etablieren und vermehren können: Je mehr Vektoren, desto größer die Gefahr, dass diese Krankheitserreger aufnehmen und auf den Menschen übertragen. Solche 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 einzelne Tiere solcher Arten vor allem aus Südeuropa nach Deutschland eingeschleppt. Die Klimaerwärmung begünstigt das Überleben und die rasche Reproduktion der Arten. So können eine dauerhafte Etablierung und Ausbreitung der Vektoren stattfinden.

Die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*), die das Dengue- und das Chikungunya-Fieber übertragen kann, wurde im Jahr 2007 erstmalig in Deutschland nachgewiesen. Seit 2012 führt die Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS e.V.) in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung (GFS e.V.) systematische Untersuchungen im Oberrheingebiet durch. Aufgrund ihrer Wärmegunst gilt die Rheinebene als wichtige Eintrittspforte wärmeliebender Arten aus den südlichen Nachbarländern. Die Fallstandorte befinden sich mit Schwerpunkt an den Autobahnen, denn entlang dieser Ausbreitungsachsen kommt es durch den weiter zunehmenden Personen- und Güterverkehr zu einer vermehrten Einschleppung. Im Jahr 2014 wurden in Freiburg und Straßburg erste kleinere brütende Tigermückenpopulationen entdeckt, 2015 dann größere brütende Population in Freiburg und Heidelberg. 2016 konnte erstmals in Baden-Württemberg eine erfolgreiche Überwinterung der Mücke nachgewiesen werden.

* Erläuterungen zu Vektoren siehe Glossar





HANDLUNGSFELD GESUNDHEIT

Seit Beginn der Untersuchungen wurden die Fallenstandorte und die Fallentypen geändert, da die Monitoringaktivitäten im Rahmen einzelner Forschungsprojekte stattfinden. Die letzte Änderung erfolgte 2018 mit Beginn eines neuen Monitoringprojekts. Seither sind Fallen aufgestellt, die Mückeneier, aber keine adulten Tiere sammeln. Die Anzahl der Fallenstandorte wurde auf 205 Fallen erhöht und die Erhebung auf weitere „Hot Spot“-Gebiete ausgedehnt.

Mit der veränderten Zahl aufgestellter Fallen verändert sich die Anzahl der Nachweise. Zugleich steigt aber auch die Fangrate, so dass insgesamt von einer Vergrößerung der Vorkommen auszugehen ist. Im Jahr 2018 wurden 7.383 Eier gefunden. In 38,5% der 205 Fallen wurden zumindest bei einer Beprobung Eier nachgewiesen. In 6,5% der 2.495 Beprobungen wurden Eier gefunden.

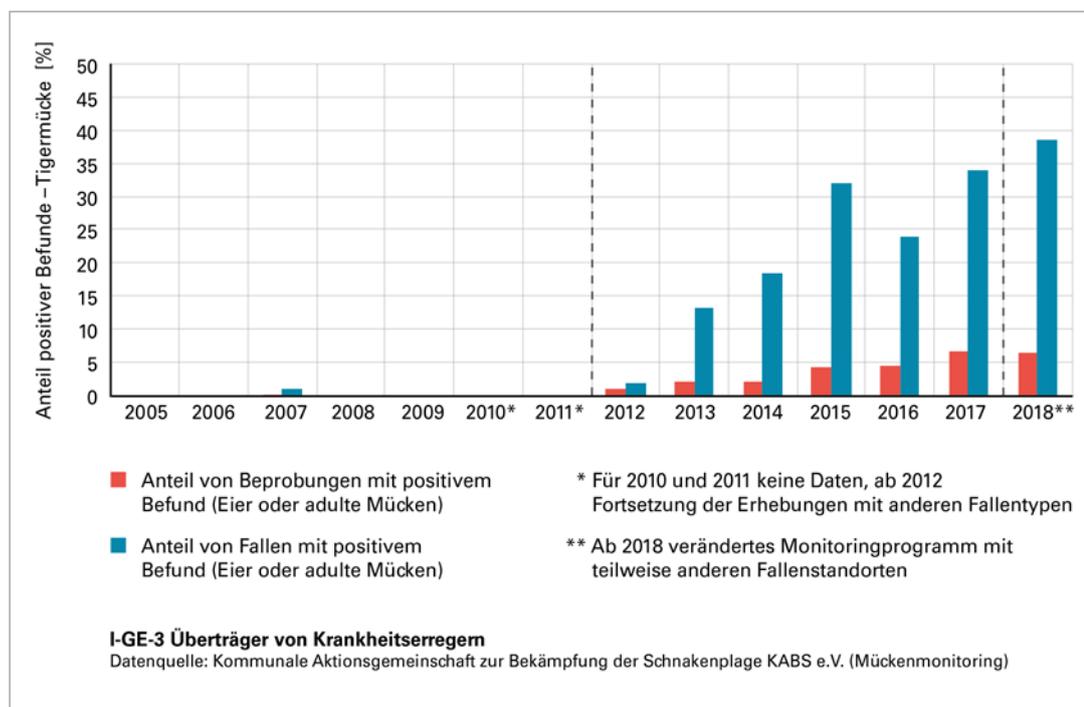
Tigermoskitos legen ihre Eier in kleinen Wasserlachen ab, wie sie durch Regenwasserreste in weggeworfenen Gefäßen entstehen oder in Baumhöhlen, aber auch in Regentonnen oder

Vogeltränken in Gärten. Somit sind sie nicht auf Auen oder stehende Gewässer als Brutstätten angewiesen und kommen in unmittelbarer Nähe zum Menschen vor. Möglicherweise sind autobahnahe Campingplätze Risikohotspots. Diese werden häufig für Zwischenstopps auf der Rückreise aus Südeuropa in Richtung Norden genutzt. Mitreisende Tigermücken gelangen auf diesem Weg ins Freie und finden dort teils gute Reproduktionsbedingungen vor.

Neben den Stechmücken gibt die seit zwei Jahrzehnten zunehmende Ausbreitung von Zecken wie des Gemeinen Holzbocks (*Ixodes ricinus*), der wärmeliebenden und trockenheitsverträglichen Auwaldzecke (*Dermacentor reticulatus*) sowie der Schafzecke (*Dermacentor marginatus*) Anlass zur Besorgnis. Mit der Besiedelung 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 notiert:

- Vektoren, die Krankheiten übertragen, breiten sich mit der Klimaerwärmung aus.
- Die Fangraten der Tigermücke haben vor allem am Oberrhein deutlich zugenommen, was für eine Vergrößerung der Populationen spricht.



QUERVERWEISE:

- I-NA-2: Ausbreitung wärmeliebender Tierarten



HANDLUNGSFELD GESUNDHEIT

Erstfunde *Ambrosia artemisiifolia*

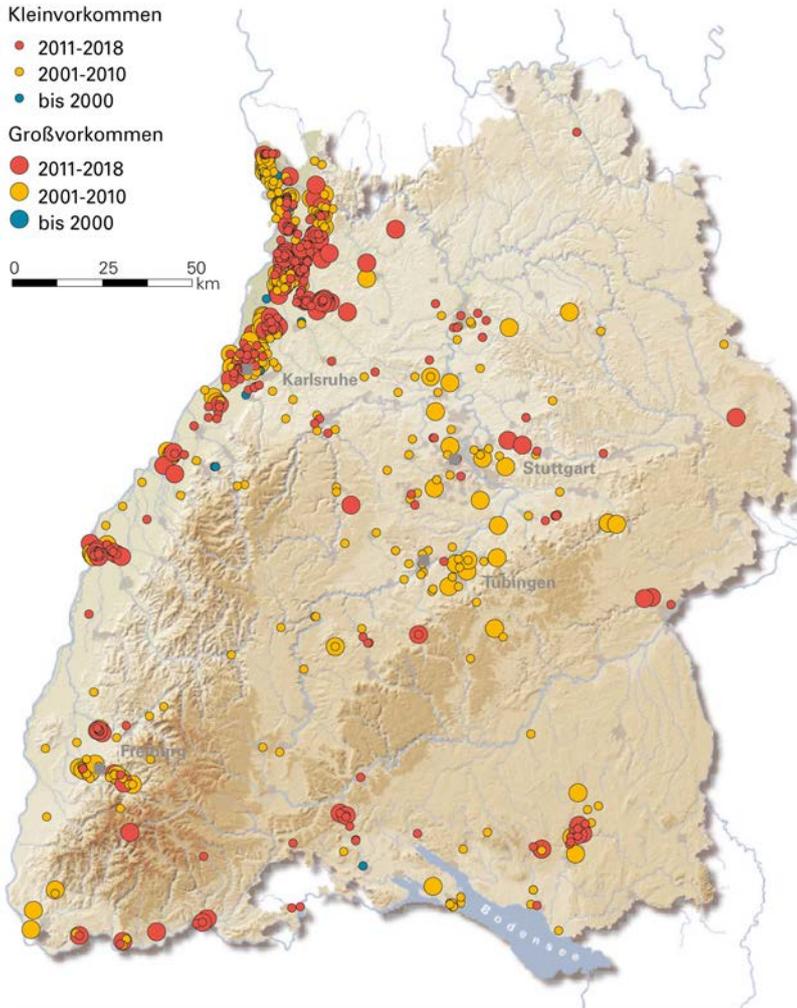
Kleinvorkommen

- 2011-2018
- 2001-2010
- bis 2000

Großvorkommen

- 2011-2018
- 2001-2010
- bis 2000

0 25 50 km



I-GE-2: Ambrosiavorkommen

Räumliche Ausbreitung

Grundlage: © LGL BW, LUBW

LU:W

Hochallergene Ambrosia breitet sich aus

Das aus Nordamerika stammende Beifußblättrige Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*), auch Beifuß-Ambrosie genannt, ist in Deutschland seit 1860 als wildwachsend nachgewiesen. Die Pflanze gilt als Neophyt*. Erst seit Anfang der

* Erläuterung siehe Glossar

1990er-Jahre nehmen die Bestände des zuvor seltenen Unkrauts in Dichte und Verbreitung zu. Die bevorzugten Wuchsorte sind Straßen- und Wegränder, Ruderalflächen, Äcker, Schnittblumenfelder, landwirtschaftliche Stilllegungsflächen, Blühflächen, Wildäcker, Erdbeponien, Kompostplätze sowie Gärten.

Die Ambrosie ist eine hochallergene Pflanze. 2015 wiesen etwa 1% bis 2% der Erwachsenen und rund 3% der Kinder in Baden-Württemberg eine Sensibilisierung gegen Ambrosiapollen auf. Eine Allergie gegenüber Ambrosiapollen entsteht nicht beim ersten Kontakt mit den Pollen. Nach einer zehn- bis zwanzigjährigen Phase der Sensibilisierung mit stetigem Pollenkontakt kommt es im Falle einer Allergie im Sommer bis in den Spätherbst in Gebieten mit Ambrosiavorkommen zu starken allergischen Reaktionen. Asthma tritt bei etwa 25% bis 40% der Betroffenen auf und ist somit häufiger als bei anderen Pollenallergien. Im südöstlichen Bayern, das schon recht stark von Ambrosia besiedelt ist, waren 2010 bereits 20% der Bevölkerung gegen Ambrosia sensibilisiert. In Norditalien, welches klimatisch unserem zukünftigen Klima recht ähnlich sein dürfte, reagierten 2008 nach 20 Jahren der starken Ausbreitung 90% der Pollenallergikerinnen und -allergiker auch gegenüber Ambrosia allergisch, 40% davon mit Asthma. Die Belastung mit Ambrosiapollen und die Sensibilisierungsrate in der Bevölkerung Baden-Württembergs entsprechen nach Einschätzung von Expertinnen und Experten derzeit etwa derjenigen in Norditalien in den 1990er-Jahren.

Bei spezifisch sensibilisierten Personen können bereits geringe Pollenkonzentrationen (ab circa 10 Pollen pro Kubikmeter Luft) allergische Symptome auslösen. Daher wird bereits ab einer Konzentration von 11 Pollen pro Kubikmeter Luft von einer starken Belastung gesprochen, im Unterschied etwa zu Gräserpollen (hier gelten mehr als 50 Pollen pro Kubikmeter Luft als starke Belastung).





HANDLUNGSFELD GESUNDHEIT

Die einjährige Pflanze erreicht die zur Verbreitung erforderliche Samenreife mit Tausenden von Samen je Pflanze nur in warmen Jahren mit langer Vegetationsperiode und profitiert damit unmittelbar vom Klimawandel. Die Samen überdauern die kalte Jahreszeit und bleiben unter Umständen viele Jahre oder Jahrzehnte keimfähig, während die Pflanze selbst nur bis zu den ersten stärkeren Frösten im Spätjahr überlebt. Die Pflanze hat in Europa im Vergleich zu ihrer Heimat in Nordamerika kaum natürliche Feinde, sodass die Ausbreitung ungehindert ablaufen kann.

Die meisten Vorkommen in Baden-Württemberg sind noch klein und unbeständig. Seit 2006 haben in einzelnen Regionen aber auch Großvorkommen deutlich zugenommen. Die Fundnachweise bei den Großbeständen mit hundert und mehr Pflanzen sind von 11 bekannten Vorkommen vor 2006 auf 243 im Jahr 2018 angestiegen. Unter den Großbeständen weisen etwa 50 Bestände über 10.000 und 3 mehr als 100.000 Exemplare der Pflanze auf. Im gleichen Zeitraum haben sich auch die Kleinvorkom-

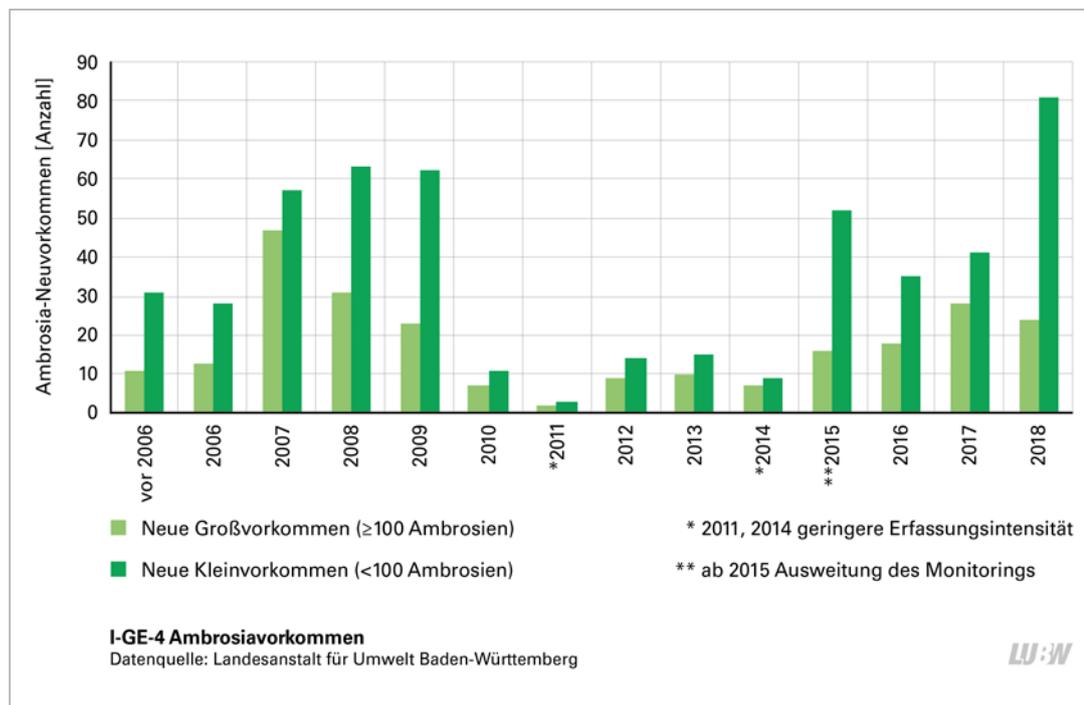
men mit weniger als hundert Pflanzen von 31 auf 501 erhöht.

Die landesweit größten Bestände befinden sich im nördlichen Oberrhein-Tiefland zwischen Rastatt und Mannheim, im südlichen Oberrhein-Tiefland zwischen Freiburg und Kehl sowie im Stadtgebiet und der näheren Umgebung von Stuttgart.

Die Daten basieren auf Meldungen von Ambrosiafunden aus der Bevölkerung bei der Ambrosia-Meldestelle der LUBW, die seit 2006 existiert, und wurden in mehreren Jahren durch regionale Kartierungen von behördlicher Seite ergänzt. Die hier dokumentierte Zahl der Neufunde ist daher Ausdruck der Intensität der Meldetätigkeit und Kartierung im jeweiligen Jahr, Resultat der Witterung, die zu mehr oder weniger Samenbildung und etablierten Pflanzen führt, und sie ist abhängig von der erfolgreichen Bekämpfung bekannter Kleinvorkommen, die sich zu Großvorkommen weiterentwickeln können. Auf die Bekämpfung wird im entsprechenden Indikator separat eingegangen.

Kurz notiert:

- Der Klimawandel fördert die Ausbreitung der hochallergenen Ambrosia.
- Die Zahl der Neufunde von Ambrosia hat seit 2006 nicht nachgelassen und beschreibt die weiterhin schnelle Ausbreitung der Art.



QUERVERWEISE:

- ▶ I-NA-1: Phänologie von Wildpflanzen
- ▶ I-NA-2: Ausbreitung wärmeliebender Tierarten
- ▶ R-GE-1: Bekämpfungsaktivitäten Ambrosia



Ambrosiabekämpfung noch unzureichend

Im Indikator zur Ausbreitung der Beifußblättrigen Ambrosie wurde dargelegt, dass das allergieauslösende Potenzial der Art bei einer ungebremsten Ausbreitung hohe gesundheitliche Risiken birgt. In Norditalien, wo die Ausbreitung der Art schon seit den 1990er-Jahren stattgefunden hat und weitestgehend ohne Be-

kämpfungsmaßnahmen ablief, zählt die Beifuß-Ambrosie heute zu den bedeutendsten Allergieauslösern des Pflanzenreichs. Eine solche Entwicklung in Süddeutschland würde Studien zufolge jährlich zusätzliche Kosten im Gesundheitswesen im dreistelligen Millionenbereich verursachen und außerdem die Kosten für die Bekämpfung der Ambrosiabestände in einem späteren Ausbreitungsstadium deutlich erhöhen.

Studien kommen zu dem Ergebnis, dass der systematischen Bekämpfung von Ambrosia zur Reduktion der negativen gesundheitlichen Folgen eine wichtige Rolle zukommt. Es wird von einer Halbierung der Sensibilisierungsrates in der Bevölkerung ausgegangen, wenn effektive Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt werden.

Neben den Gesundheitsproblemen werden auch umfangreiche Schäden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen erwartet, da die Ambrosia ein schwer zu bekämpfendes Ackerunkraut ist. Gut dokumentierte Ertragsverluste gibt es vor allem in Kulturen, die im Frühjahr ausgesät werden, wie Mais, Sonnenblumen, Lupinen, Erbsen, Ackerbohnen, Soja, Zuckerrüben, Hafer und Gemüse. Besonders der Verzicht auf Spritzmitteleinsatz, biologische Landwirtschaft und manche bodenschonende Anbauverfahren sind unter dem Ausbreitungsdruck der Ambrosia schwer umzusetzen. Eine Bekämpfung sollte beim ersten Auftreten der Art stattfinden, damit sich kein langlebiger Samenvorrat im Boden ausbilden kann.

In Baden-Württemberg wird Ambrosia vereinzelt bekämpft. Durch mehrmalige Mahd zu den richtigen Zeitpunkten der Pflanzenentwicklung oder durch das Ausreißen einzelner Pflanzen lassen sich Blüten- und Samenbildung verhindern. Bei Großvorkommen, die bereits große Samenmengen im Boden hinterlassen haben, sind maschinelle Methoden über mehrere Jahre hinweg erforderlich. Für



HANDLUNGSFELD GESUNDHEIT

die Bekämpfung an teils schwer zugänglichen Böschungsbereichen hat es sich in Karlsruhe bewährt, die Pflanzen mit kochend heißem Wasser zu verbrühen.

Seit 2006 gibt es eine Ambrosia-Landesmeldestelle bei der LUBW, die Öffentlichkeitsarbeit betreibt und unter anderem Kommunen berät. Nachdem das Thema „Ambrosia“ 2007 erstmalig groß in der Presse aufgegriffen wurde, wurden in der Folge immerhin 36 % der damals noch überschaubaren 71 gemeldeten Großvorkommen bekämpft. Danach verlor das Thema wieder an Aufmerksamkeit, sowohl in der Bevölkerung und in vielen Kommunen als auch bei den Straßenmeistereien, Landwirtschaftsbetrieben und Baufirmen.

Aufgrund der fehlenden systematischen Erfassung neuer Bestände zwischen 2011 und 2014 sind die Zahlen in diesem Zeitraum nur bedingt aussagekräftig. Der deutliche Anstieg der Großvorkommen in den letzten Jahren geht unter anderem auf das strukturierte Monitoring ab 2015 zurück. Im Jahr 2017 wurden au-

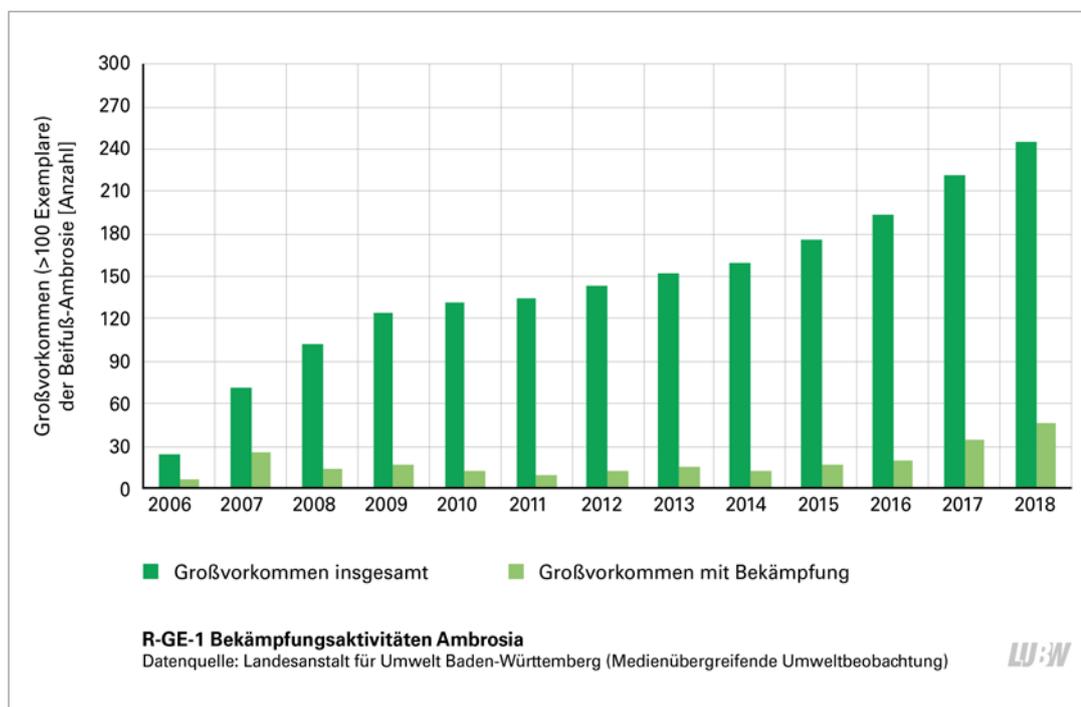
ßerdem alle Verantwortlichen der gemeldeten Ambrosiabestände kontaktiert, um zu erfragen, ob die Bestände bekämpft wurden. Damit erklärt sich möglicherweise der Anstieg der Bekämpfungsrate in diesem Jahr. Einzelne Kommunen, die in Gebieten mit bereits starkem Ausbreitungsdruck liegen, zeichnen sich durch eine hervorragende Arbeit bei der Ambrosiabekämpfung aus. Insgesamt ist die Bekämpfungsrate aber nach wie vor im Verhältnis zur Zunahme der Vorkommen zu gering.

Bei gleichbleibend schlechten Bekämpfungsraten ist mit einer weiteren Ausbreitung und Etablierung der Beifuß-Ambrosie innerhalb der bereits befallenen Regionen und auch in neuen Regionen zu rechnen.

Dass eine effektive Bekämpfung die Ausbreitung erfolgreich stoppen könnte, ist am Beispiel der Schweiz seit 2006 dokumentiert. Hier wurde gesetzlich eine Melde- und Bekämpfungspflicht eingeführt, sodass die Art weitestgehend verschwunden ist.

Kurz notiert:

- Die Bekämpfungsrate der Ambrosia-Großbestände ist in den letzten Jahren angestiegen. Sie ist aber nach wie vor zu gering.
- Bei unzureichender Bekämpfung sind mittelfristig erhebliche Einschränkungen der Lebensqualität von Allergikerinnen und Allergikern, Kosten im Gesundheitsbereich und auch Schäden in der Landwirtschaft zu befürchten.



QUERVERWEISE:

- I-GE-2: Ambrosia-vorkommen



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

R-SR-1: Anteil der Erholungs- und Friedhofsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche im Vergleich zum Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Bodenfläche in Großstädten

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

R-SR-3: Anzahl von Städten und Kommunen mit Klimaanpassungsplänen oder weiteren Anpassungsaktivitäten
(KLIMOPASS)



Die Stadt- und Raumplanung bezieht vorausschauend auch klima- und witterungsbedingte Risiken mit ein. Die Berücksichtigung der Vulnerabilität betroffener Schutzgüter wie Mensch, Wirtschaft, Gebäude und Infrastruktur in der Stadt- und Raumplanung kann dazu beitragen, diese Risiken zu minimieren. So kann beispielsweise die Dimensionierung, Anordnung und Gestaltung der Freiräume, des Straßenraums, der bebauten Flächen und der einzelnen Gebäude einen Einfluss darauf haben, wie stark sich insbesondere Großstädte in den Sommermonaten aufheizen und in welchem Umfang Siedlungen durchlüftet werden. Wohlbefinden und Gesundheit der Bevölkerung sind nicht nur in sommerlichen Hitzeperioden eng mit den siedlungsklimatischen Bedingungen verbunden.

Die wesentlichen Instrumente der Stadt- und Raumplanung sind die verschiedenen Pläne vom Landesentwicklungsplan über die Regionalpläne bis zur kommunalen Bauleitplanung. Hier können Vorgaben zur Anpassung getroffen oder – im Falle der Bauleitplanung – konkrete Maßnahmen rechtskräftig festgesetzt werden. Den Kommunen kommt daher eine wichtige Rolle zu. Sie müssen die für ihre lokalen Gegebenheiten und Risiken

notwendigen Maßnahmen definieren und umsetzen bzw. auf deren Umsetzung hinwirken. Dabei sind stets wirtschaftliche, soziale und ökologische Belange gegeneinander und untereinander gerecht abzuwägen, miteinander in Einklang zu bringen und Potenziale für eine nachhaltige räumliche Entwicklung sicherzustellen.

Neben den wichtigen Klimafaktoren zur Wärmebelastung und Hitzeentwicklung sollte bei der Planung von Bauvorhaben auch die Vorsorge gegen Gebäudeschäden durch Sturm, Hagel und Schnee(-lasten) berücksichtigt werden. Insbesondere für die letztgenannten Wetterphänomene ist es Aufgabe von Bauherrinnen und Bauherren sowie Immobilieneigentümerinnen und -eigentümern, Vorsorge durch bauliche Maßnahmen und die entsprechenden Versicherungen zu treffen.

Das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung beinhaltet gegenüber dem letzten Monitoring einen neuen Indikator für die Maßnahmenseite (R-SR-3). Dieser präsentiert, wie viele Städte und Gemeinden in Baden-Württemberg, unterstützt durch Landesmittel, Klimaanpassungspläne aufgestellt haben.



Sturm und Hagel – teure Wetter- ereignisse

Extreme Stürme, Hagelschlag und andere gefährliche Wetterereignisse sorgen für hohe Schäden an Gebäuden, Bauwerken und der zugehörigen Infrastruktur, beispielsweise der Kanalisation. Solche Wetterereignisse können durch den Klimawandel zukünftig häufi-

ger auftreten und heftiger ausfallen. Damit steigt die Gefahr, dass es zu Schäden kommt.

Einen Vorgeschmack, wie heftig und schadensträchtig Unwetter zukünftig in Baden-Württemberg ausfallen können, gab das Jahr 2013. Der Hagelsturm Andreas wütete am 28.07.2013 vom Schwarzwald über das Vorland der Schwäbischen Alb bis zum Nördlinger Ries und verursachte vor allem im Kreis Reutlingen massive Schäden. Den Gesamtschaden schätzte die SV Sparkassenversicherung damals auf mehr als 1,25 Milliarden Euro, was Andreas zum folgenreichsten Ereignis des Jahres 2013 machte.

Anhand der Zahlen aus der verbundenen Wohngebäudeversicherung lässt sich die Schadenentwicklung im Lauf der Zeit beobachten. Mit dieser Versicherung können sich Immobilieneigentümerinnen und -eigentümer gegen direkte Sturm- und Hagelschäden an Gebäuden und gegen indirekte Schäden an Gebäuden, 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. Die dargestellten Zeitreihen bilden aber nur die durch Sturm und Hagel entstandenen Schäden an Wohngebäuden ab.

Die im Indikator dargestellten Größen, die Schadenhäufigkeit und der Schadensatz der verbundenen Wohngebäudeversicherung, reagieren daher ausschließlich auf die Schadentreiber Sturm und Hagel. Die Schadenhäufigkeit zeigt die Anzahl der aufgetretenen Schäden bezogen auf die versicherten Risiken. Der Schadensatz gibt an, wie hoch der Schadenaufwand der Versicherungen im Verhältnis zur Versicherungssumme, also der Summe der versicherten Sachwerte war. Dadurch ist diese Größe um Wertsteigerungen



HANDLUNGSFELD STADT- UND RAUMPLANUNG

und Inflation bereinigt und wird durch die eigentlichen Schadentreiber sehr direkt beeinflusst. Die Versicherungsdichte der verbundenen Wohngebäudeversicherung wird für Baden-Württemberg auf annähernd 100% geschätzt. Somit lässt sich anhand des Indikators die Schadenentwicklung im Zeitverlauf beurteilen.

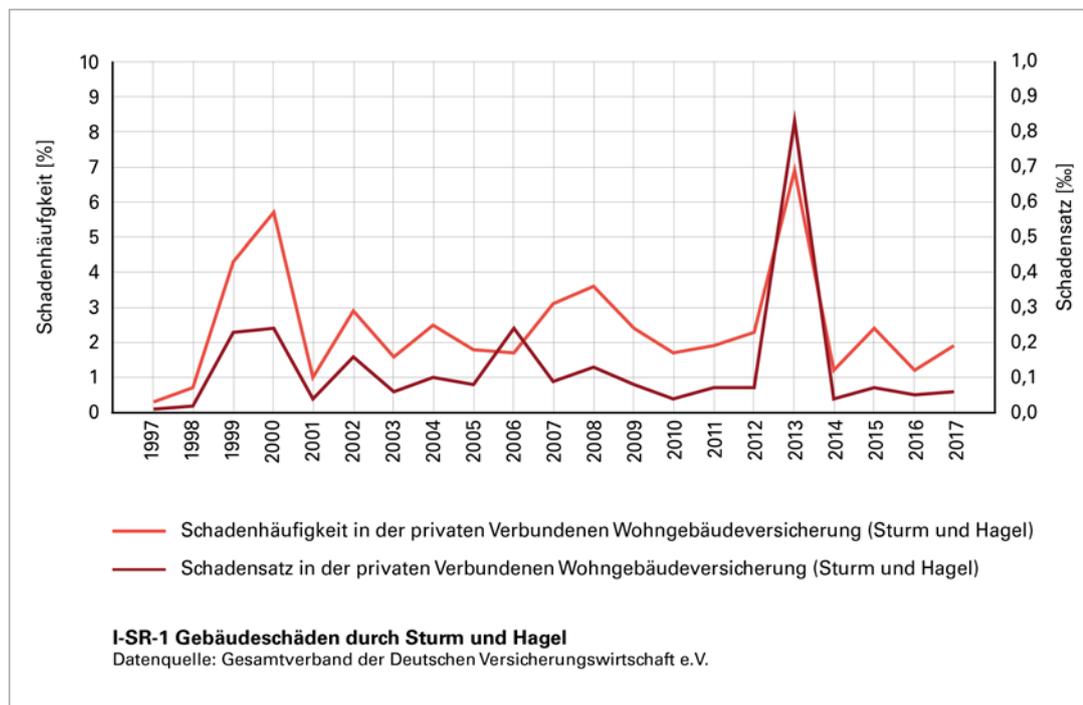
Die gegenüber dem ersten Monitoringbericht für die Jahre 2015 bis 2017 neu hinzugekommenen Daten haben den Befund im Vergleich zum Berichtsjahr 2016 nicht verändert. Neben dem Jahr 2013 prägen vor allem die Jahre 1999/2000 und, bezogen auf den Schadensatz, 2006 die Zeitreihe. Die deutlich höhere Schadenhäufigkeit 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 nach dem Jahreswechsel im Jahr 2000 gemeldet. Sie gingen daher in diesem Jahr in die Statistik ein.

Im Sommer 2006 führten starke Hagelschläge und Sturmereignisse in der Versicherungsstatistik zu höheren Werten beim Schadensatz. Besonders hohe Schäden vor allem an Dächern, Fassaden und Solaranlagen richtete der nur viertelstündige Hagelsturm am 28. Juni 2006 in Trossingen bei Villingen-Schwenningen an. Der durchschnittliche Schaden im Jahr 2006 betrug knapp 5.400 Euro und war damit fast dreimal so hoch wie der überwiegend durch den Sturm Lothar zum Jahreswechsel 1999/2000 verursachte durchschnittliche Schaden. Nur im Jahr 2013 mit Sturm Andreas war der durchschnittliche Schaden mit fast 6.000 Euro für die Versicherungen noch teurer.

In Baden-Württemberg haben fast alle Hauseigentümerinnen und -eigentümer Versicherungen abgeschlossen, um gegen Sturm- und Hagelschäden vorzusorgen. Zusätzlich können und sollten sie an ihren Gebäuden aber auch bauliche Maßnahmen durchführen und durch Eigenvorsorge möglichen Schäden vorbeugen.

Kurz notiert:

- 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



Hohe Schäden durch Elementargefahren

Sturm und Hagel sind nur zwei der Wetterphänomene, die zu schweren Schäden an Gebäuden führen können. Starkregen und Hochwasser können Gebäude ebenso massiv in Mitleidenschaft ziehen; sei es durch in Häuser und Wohnungen von außen eindringendes Wasser, durch Rückstau aus der Kanalisation oder durch Schlamm, Öl und andere Stoffe, die das Wasser im Gebäude verteilt. Weitere

wetterbedingte Gefahrenquellen sind Erdbeben oder Erdsenkungen oder, im Winter, Lawinen oder hohe Schneelasten infolge intensiver Schneefälle.

Durch den Klimawandel können solche Gefahren zukünftig zunehmen. So wird insbesondere erwartet, dass Starkregen und Hochwasser häufiger und heftiger werden. Für eine Übergangsphase kann es auch häufiger zu Schneedruck kommen.

Welche Auswirkungen die genannten Ereignisse und die sich ändernden Klimabedingungen trotz gegebenenfalls angepasster Baustandards und sich ändernden Bauweisen haben, lässt sich anhand von Versicherungsdaten beobachten. Im Gegensatz zu Sturm und Hagel sind Gebäudeschäden, die durch Erdbeben, Erdbeben, Erdsenkung, Schneedruck, Lawinen und Hochwasser entstehen, aber nicht oder nur unvollständig durch die verbundene Wohngebäudeversicherung abgedeckt. Immobilieneigentümerinnen und -eigentümer können eine erweiterte Naturgefahrenversicherung (Elementar) (ENV) abschließen, um sich zusätzlich gegen diese Schadentreiber abzusichern. In der überwiegenden Zahl dieser Verträge ist mittlerweile auch der Rückstau bei Starkniederschlägen eingeschlossen. In Baden-Württemberg war die Elementarschadenversicherung bis 1994 Pflicht. Darum sind hier bis heute rund 94% aller Wohngebäude gegen Elementarschäden versichert – ein deutlich höherer Anteil als im Bundesdurchschnitt, der derzeit bei etwa 43% liegt.

Die Daten zur ENV erlauben Rückschlüsse darauf, wie häufig und mit welcher Intensität diese Schäden an Wohngebäuden in Baden-Württemberg auftreten. Der Indikator zur Schadenhäufigkeit und zum Schadensatz ergänzt daher für die elementaren Naturgefahren den Indikator zur verbundenen Wohngebäudeversicherung. Die Zeitreihe zum Schadensatz ist durch den Bezug auf die



HANDLUNGSFELD STADT- UND RAUMPLANUNG

Versicherungssumme um die Einflüsse von Wertsteigerungen und Inflation bereinigt.

In den noch kurzen Zeitreihen von Schadenhäufigkeit und Schadensatz ist bislang kein Trend ermittelbar. Die Zahlen für das Jahr 2016 zeigen aber, wie sehr die Zeitreihe auf Extremereignisse reagiert. Die Schadensbilanz dieses Jahres ist durch die Tiefdruckgebiete Elvira und Fredericke (Ende Mai, Anfang Juni 2016) geprägt. Sie brachten zahlreiche Unwetter mit sich, die große Sachschäden verursachten und Todesfälle forderten. Nie zuvor haben Unwetter mit heftigen Regenfällen nach Angaben des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) in so kurzer Zeit so hohe Schäden verursacht. Besonders schlimm traf es den Ort Braunsbach. Dort fielen in den Einzugsgebieten kleiner Bäche in einer Stunde mehr als 90 mm Regen und lösten eine massive Sturzflut aus. Die großen mitgeführten Mengen an Schlamm, Geröll und Holz lagerten sich teils mehrere Meter hoch auf den Straßen ab und beschädigten zahlreiche Gebäude schwer.

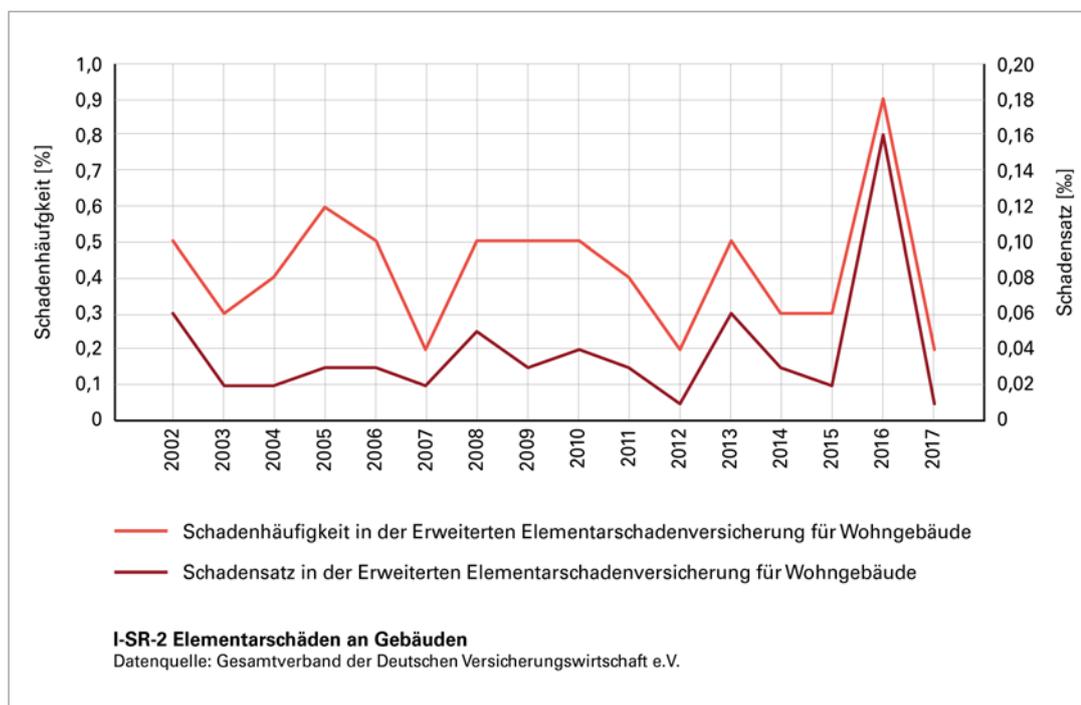
Sowohl Schadenhäufigkeit als auch Schadensatz lagen 2016 damit deutlich über den für den vergangenen Bericht ermittelten Werten. Aber auch vor 2016 kam es in einzelnen Jahren zu sehr massiven Schäden, unter anderem im Jahr 2008. Damals traten bis in den September hinein vermehrt schwere Unwetter und heftige Gewitter mit zum Teil sintflutartigen Regenfällen auf. In der Region Hechingen im Zollernalbkreis starben Anfang Juni drei Menschen in den Wassermassen. Zahlreiche Gebäude wurden erheblich beschädigt.

Im Sommer 2013 brachten mehrere sehr schwere Gewitter neben außergewöhnlichem Hagel auch extreme Regenschauern mit sich. Die Folge der Starkregen waren teils massive Überschwemmungen, die viele Wohngebäude in Mitleidenschaft zogen.

Diese Ereignisse zeigen: In Baden-Württemberg muss auch mit Blick auf Starkregen und Hochwasser Vorsorge getroffen werden, um Schäden gering zu halten oder nach Möglichkeit gar nicht erst entstehen zu lassen.

Kurz notiert:

- Baden-Württemberg hat die höchste Versicherungsdichte der Elementarschadenversicherung in Deutschland.
- Das Jahr 2016 zeigt: Starkregen und Sturzfluten können in kurzer Zeit große Schäden verursachen.



QUERVERWEISE:

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



Mehr Hitze in der Stadt

Großstädte und ihre Bevölkerung sind von der Klimaerwärmung besonders betroffen. Die dichte Bebauung, der hohe Anteil versiegelter Böden und weitere Faktoren wie die höhere Schadstoffbelastung der Luft und die Abwärme von Gebäuden erzeugen ein spezifisches Stadtklima: Im Vergleich zum Umland sind die mittleren Temperaturen deutlich höher, die Windgeschwindigkeit und die Luftfeuchtigkeit sind

niedriger. Dies wird auch als „städtischer Wärmeinseleffekt“ bezeichnet. Wie stark dieser Effekt ist, hängt unter anderem von der Größe der Stadt, ihrer Dichte und ihrem Grünflächenanteil, aber auch von der Topografie und dem regionalen Klima ab.

Die Stadtbevölkerung ist Wärmebelastungen daher häufiger ausgesetzt als Menschen, die außerhalb der Städte wohnen. Gesundheitlich belastende Situationen durch Hitze entstehen vor allem, wenn sich Stadträume tagsüber stark aufheizen, sich nachts aber nicht in ausreichendem Maß abkühlen. Dauern diese Situationen über mehrere Tage oder Wochen an, spricht man von Hitzewellen.

Das Beispiel der beiden Großstädte Stuttgart und Karlsruhe zeigt, dass Heiße Tage zunehmen und es – in Karlsruhe – auch zu mehr Tropennächten kommt. Heiße Tage bedeuten Tageshöchsttemperaturen von 30 °C und mehr; in Tropennächten sinkt die Temperatur nicht unter 20 °C. Diese Temperaturschwellen sind in der Regel mit Wärmebelastungen für die Bevölkerung verbunden.

In beiden Städten verschärft sich damit die bereits im letzten Bericht erkennbare Situation. In der langen Zeitreihe für Karlsruhe zeigt sich die signifikante Zunahme Heißer Tage generell, verstärkt aber seit den 1990er-Jahren; für Stuttgart ist sie ab dem Beginn der kürzeren Zeitreihe erkennbar. Der Klimawandel hat offensichtlich bereits zu mehr Wärmebelastungen geführt und wird zukünftig voraussichtlich weiter zunehmen. Gleichzeitig wachsen die Städte weiter und es leben immer mehr ältere, besonders hitzeempfindliche Menschen dort. Die zunehmenden Belastungen betreffen also immer mehr Menschen.

In sehr heißen Jahren mit anhaltend hohen Sommertemperaturen und Hitzeperioden wie 2003, 2015 und 2018 treten Heiße Tage und Tropennächte sehr häufig auf. Die Hitzesom-





HANDLUNGSFELD STADT- UND RAUMPLANUNG

mer 2003 und 2018 führten in Stuttgart und Karlsruhe zu den bislang stärksten Wärmebelastungen. In Karlsruhe traten 2003 insgesamt 53 und 2018 46, in Stuttgart 43 beziehungsweise 41 Heiße Tage auf.

Die Unterschiede zwischen Karlsruhe und Stuttgart haben mehrere Ursachen: In Karlsruhe kommt es wegen der Lage der Stadt im klimatisch wärmeren Oberrheingraben in der Regel zu mehr Heißen Tagen. Zudem haben die beiden Stationen einen unterschiedlichen Messaufbau: In Stuttgart werden Messdaten der Station Stuttgart-Mitte verwendet, die sich auf einem Gebäudedach in 25 m Höhe befindet. In Karlsruhe hingegen wird die Temperatur seit 2008 außerhalb der Stadt an der DWD-Station Rheinstetten in einer Höhe von 2 m über Grund gemessen. Die Messergebnisse werden rechnerisch an das Temperaturniveau der ehemaligen Innenstadtstation angepasst.

Tropennächte dagegen sind in Stuttgart in der Regel häufiger als in Karlsruhe. Das ist einerseits der dichteren Bebauung, andererseits si-

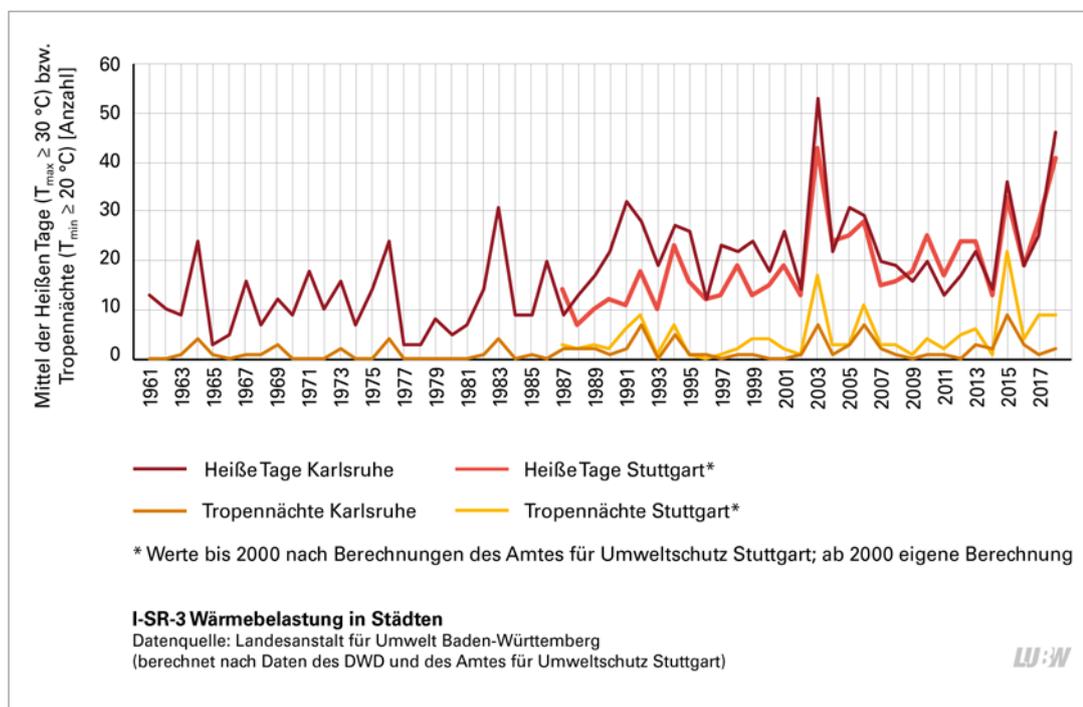
cher auch der Kessellage der Stadt geschuldet. Der Luftaustausch mit der Umgebung ist in Stuttgart stark eingeschränkt, kühlende Luft kann in Sommernächten nur schwierig in die Stadt strömen. Dies führte im heißen Sommer 2003 zu 17, im Sommer 2015 sogar zu 22 Tropennächten. In Karlsruhe lagen die Minimumtemperaturen in diesen Jahren hingegen nur an 7 beziehungsweise 9 Tagen über 20 °C. In 2018 waren Tropennächte in Stuttgart mit einer Anzahl von 9 ebenso häufiger als in Karlsruhe (2 Tropennächte).

Die steigenden Wärmebelastungen in den beiden Großstädten machen deutlich, wie wichtig Anpassungsmaßnahmen in der Stadt- und Raumplanung sein können. Ein gut geplantes Quartier sowie eine gut geplante Bebauung mit gezielt integrierten Begrünungen und Wasserspeicherung (blau-grüne Infrastruktur*) tragen nicht nur zur Kühlung bei, wie im folgenden Indikator zum Grünflächenanteil dargestellt wird.

* Erläuterung siehe Glossar

Kurz notiert:

- Eindeutiger Trend: Heiße Tage nahmen in Stuttgart und Karlsruhe signifikant zu.
- In Karlsruhe stieg die Zahl der Tropennächte signifikant an.
- Hitzesommer wie 2003, 2015 und 2018 führten zu extremen Belastungssituationen.
- Immer mehr Menschen ziehen in die Städte und sind von Wärmebelastungen betroffen.



QUERVERWEISE:

- R-SR-1: Anteil der Erholungsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Großstädten
- I-GE-1: Hitzebelastung
- I-GE-2: Wärmebedingte Sterbefälle



Grünflächenanteil in Großstädten stabil

Stadt- und Raumplanung können dazu beitragen, einer Verstärkung von Stadtklimaeffekten durch den Klimawandel entgegenzuwirken. Sie können beispielsweise Erholungsflächen im Siedlungsgebiet festlegen oder räumliche Konzepte entwickeln, um den Zufluss von kalter und frischer Luft in die Städte zu verbessern oder Frischluftkorridore zu vernetzen.

Insbesondere in größeren Städten sind eine ausreichende Durchgrünung und eine vorausschauende Stadtentwicklungsplanung wichtig. Hier treten einerseits Wärmebelastungen aufgrund des städtischen Wärmeinseleffekts häufiger auf als in kleineren Städten und Ortschaften. Andererseits ist hier auch der Siedlungsdruck größer.

Der Indikator nimmt vor diesem Hintergrund die Flächennutzung in den zehn Großstädten Baden-Württembergs in den Blick. Er zeigt zusammenfassend, wie sich der Anteil der Erholungsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche in diesen Städten – es handelt sich um Stuttgart, Heilbronn, Baden-Baden, Karlsruhe, Heidelberg, Mannheim, Pforzheim, Freiburg im Breisgau, Reutlingen und Ulm – verändert.

Insgesamt zeigt sich, dass der Anteil der Erholungsfläche an der ebenfalls zunehmenden Siedlungs- und Verkehrsfläche zwischen 1996 und 2018 signifikant anstieg. Das heißt, die Erholungsfläche wuchs stärker oder zumindest im gleichen Maß wie die Siedlungs- und Verkehrsfläche. Seit dem Jahr 2010 verlangsamten sich die Zuwächse in beiden Kategorien. In Stuttgart, Karlsruhe, Mannheim, Pforzheim und Reutlingen spiegelt sich diese Entwicklung direkt wider. In Ulm schrumpfte der Anteil der Erholungsfläche in den letzten Jahren nach einer vorherigen Zunahme. In Baden-Baden und Heidelberg blieb der Anteil der Erholungsfläche in den letzten 20 Jahren weitgehend stabil. In Heilbronn und Freiburg im Breisgau hingegen war in den letzten Jahren ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen.*

* Aufgrund von Änderungen der Datengrundlage für die Flächennutzungsstatistik ist ein Vergleich mit den Ergebnissen des letzten Monitoringberichts nur eingeschränkt möglich.





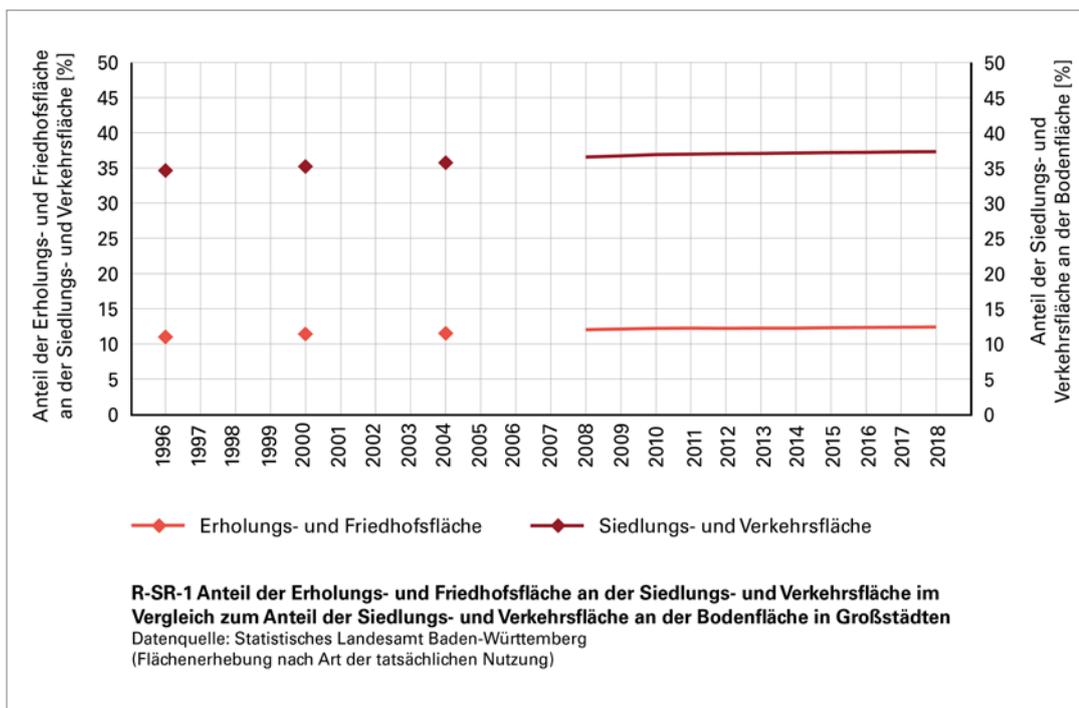
HANDLUNGSFELD STADT- UND RAUMPLANUNG

Die zukünftige Entwicklung in den Städten hängt überwiegend von planerischen Entscheidungen vor Ort ab, die jeweils unter Beteiligung der Träger öffentlicher Belange und der Öffentlichkeit sowie im Abwägungsprozess mit den regionalen bzw. lokalen Bedingungen und unter Berücksichtigung weiterer Belange zu treffen sind. Dabei müssen Konflikte berücksichtigt und Kompromisse gefunden werden. Beispielsweise können hinsichtlich Klimaschutz und Klimaanpassung unterschiedliche Ziele verfolgt werden: Durch eine flächeneffiziente Nachverdichtung und Entwicklung von Siedlungsstrukturen mit kurzen Wegen kann einerseits ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden. Andererseits sind aus Sicht der Klimaanpassung lockerere Siedlungsstrukturen mit ausreichenden Erholungs- sowie Grün- und Wasserflächen sinnvoll, um die Entstehung von Kaltluft zu fördern und den Luftaustausch zu verbessern.

Vor diesem Hintergrund kann eine Mehrfachnutzung als blau-grüne Infrastruktur sinnvoll sein, sodass die Flächen gleichzeitig einem nachhaltigen Wassermanagement, der Begrünung und auch der Starkregenvorsorge dienen. Ziel ist es, Gebäude, Naherholungs- und Verkehrsflächen so zu gestalten, dass Regenwasser aufgefangen und gespeichert wird, um damit das Grün in der Stadt im Sommer bewässern zu können. Gleichzeitig kann im Falle von Starkregenereignissen Regenwasser gespeichert und anschließend verzögert abgeleitet werden. Zum Netz der blau-grünen Infrastrukturen zählen dabei neben den großflächigen Grünanlagen, wie sie dieser Indikator darstellt, auch gut verteilte kleinere Grünflächen sowie grüne Dächer und Fassaden. Zusammen wirken sie sich sehr positiv auf das Klima in den Innenstädten aus. Außerdem reduzieren sie die Schadstoffbelastung, bieten Lebensraum für Tiere und Pflanzen, reduzieren Überschwemmungsprobleme und sind wohnungsnaher Erholungsraum für viele Menschen.

Kurz notiert:

- Der Anteil der Erholungsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche ist seit 2010 stabil.
- Die Kombination aus Wasser- und Grünflächen dient der Wasserspeicherung für trockene Perioden, wirkt kühlend und verbessert die Lebensqualität.



QUERVERWEISE:

- ▶ I-SR-3: Wärmebelastung
- ▶ I-GE-1: Hitzebelastung
- ▶ I-WH-2: Abflussmenge



Fläche sorgsam und nachhaltig nutzen

Ein wichtiges Ziel der Politik ist der effiziente Umgang mit der Ressource Fläche. Dieses Ziel dient auch der Klimaanpassung: Acker, Grünland, Wald und andere nicht besiedelte Flächen beeinflussen den Gebietswasserhaushalt. Hier kann Niederschlagswasser versickern und sich Grundwasser neu bilden, Hochwasserrisiken lassen sich verringern. Unbebaute und un-

zerschnittene 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 freie Flächen auch eine wichtige Bedeutung für das lokale Klima und dienen als Erholungsfläche für die Menschen.

Die Siedlungs- und Verkehrsfläche ist eine Kategorie der Flächenstatistik und setzt sich aus der Gebäudefläche und der zugehörigen Freifläche, der Betriebsfläche (ohne Abbauland), der Erholungs-, der Verkehrs- und 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 die tägliche Neuinanspruchnahme von Flächen deutlich zurückgegangen. Der Rückgang lässt sich sowohl bei den Gebäude- und Freiflächen, den Erholungs- und Friedhofsflächen als auch bei den Verkehrsflächen beobachten.

Der niedrige Wert des Jahres 2016 und der starke Anstieg im Jahr 2017 gehen hauptsächlich auf Umstellungen in der Statistik zurück. Die Erhebungssystematik der Statistik für die Flächennutzung wurde geändert. Hinzu kommt, dass diese Umstellungen in den Vermessungsverwaltungen umfangreiche Kapazitäten gebunden haben. Dies führte dazu, dass zahlreiche Katasteränderungen, zum Beispiel infolge von Baugebietsausweisungen oder Flurbereinigungsverfahren, erst im Jahr 2017 mit dem Abschluss der Umstellung für die Flächeninanspruchnahme verbucht wurden. Der aktuelle Wert des Jahres 2018 knüpft mit 4,5 Hektar pro Tag wieder an die Entwicklung der vorangegangenen Jahre an und macht deutlich, dass die Neuinanspruchnahme von Flächen weiter zurückgegangen ist. Diese Entwicklung darf aber nicht darüber hinweg-





HANDLUNGSFELD STADT- UND RAUMPLANUNG

täuschen, dass bei Flächenneuanspruchnahmen vor allem land- und forstwirtschaftlich genutzte Fläche für Siedlungs- und Verkehrszwecke umgewidmet wird.

Sowohl nachfrage- als auch angebotsseitige Faktoren beeinflussen die Flächeninanspruchnahme. Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum sowie der Bedarf an neuen Infrastrukturen führen in der Regel zur vermehrten Flächennachfrage. Die Preise für Bauland, Wohneigentum und Mieten können steigen. Besonders in prosperierenden Ballungszentren steigt der Druck, in diesen ohnehin dicht besiedelten Gebieten bislang baulich nicht genutzte Flächen zu Bauland zu entwickeln. In ländlichen Räumen ist häufig die Angebotsseite Auslöser für die Flächeninanspruchnahme, wenn beispielsweise Gemeinden Baugebiete ausweisen und kostengünstig vermarkten sowie mit zusätzlichen Verkehrswegen die Erschließung verbessern, um einer Abwanderungsdynamik entgegenzuwirken. Trotz stagnierender oder abnehmender Bevölkerung kann es dann in diesen Räumen zu einer über-

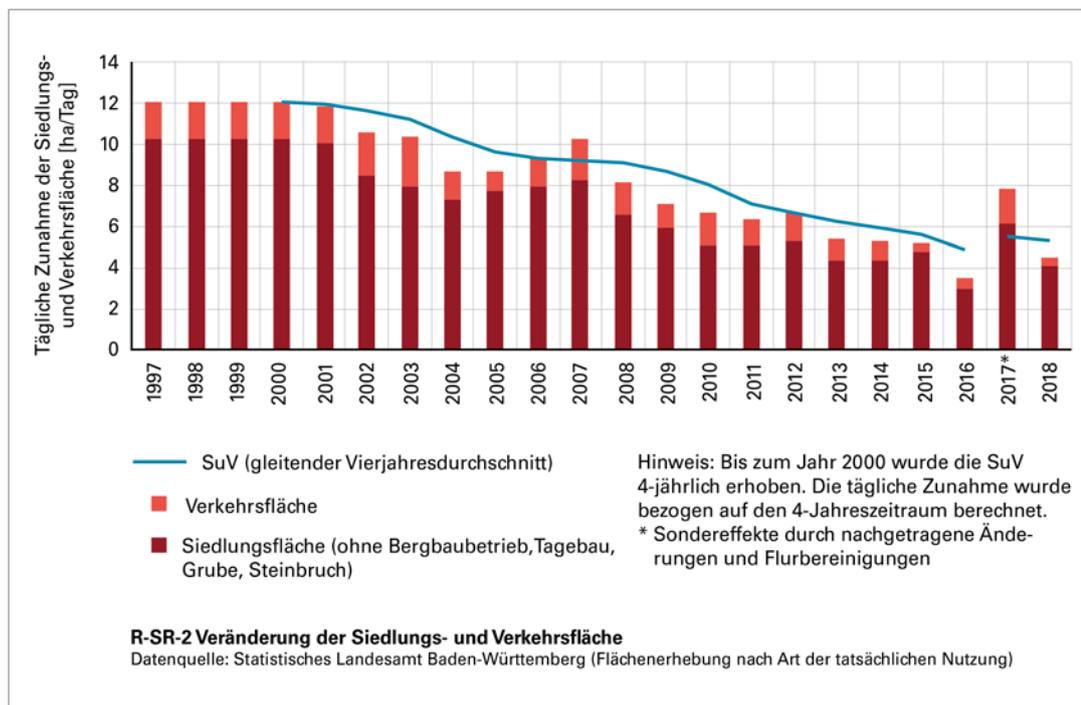
durchschnittlichen Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche bei gleichzeitiger Zunahme von Leerstand kommen.

Ein Vergleich der Zeiträume 2000 bis 2008 und 2008 bis 2016 ergab, dass in nahezu allen Kreisen ein Rückgang des Flächenverbrauchs erreicht werden konnte. Der Rückgang der Neuinanspruchnahme fiel bei den Landkreisen in absoluten Zahlen mit 0,1 Hektar höher aus als bei den Stadtkreisen mit 0,04 Hektar pro Tag. Allerdings ist das Niveau des Flächenverbrauchs bei den Landkreisen insgesamt deutlich höher als in den Stadtkreisen.

Die Stadt- und Raumplanung setzt mit ihren Steuerungsinstrumenten wie der kommunalen Bauleitplanung, der Vorgabe von Bebauungsdichten, dem Vorrang der Innen- vor der Außenentwicklung sowie anreizgesteuerten Ansätzen zur effizienteren Nutzung innerstädtischer Flächen wichtige Impulse für eine nachhaltige Flächennutzung. Sie kann dazu beitragen, die Flächeninanspruchnahme zu reduzieren.

Kurz notiert:

- Ein effizienter Umgang mit der Ressource Fläche dient auch den Zielen der Klimaanpassung.
- Die Neuinanspruchnahme von Flächen geht seit der Jahrtausendwende signifikant zurück.



QUERVERWEISE:

- I-WH-1: Grundwasserstand und Quellschüttung
- I-WH-3: Hochwasser
- I-WH-4: Niedrigwasser
- R-SR-1: Anteil der Erholungs- und Friedhofsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Großstädten



Mehr Kommunen mit geförderter Anpassung durch KLIMOPASS

Die Kommunen stehen in Anbetracht der Veränderungen, die mit dem Klimawandel einhergehen, vor großen Herausforderungen. Sie müssen zum einen kurzfristig auf aktuelle Ereignisse, insbesondere auf Extremereignis-

se, reagieren. Zum anderen sind sie gefordert, sich mit einer vorausschauenden Planung und Steuerung auf unvermeidbare Folgen des Klimawandels vorzubereiten.

Auf der kommunalen Ebene lassen sich – den konkreten Gegebenheiten vor Ort entsprechend – wichtige Weichen stellen. So können die Kommunen im Rahmen ihrer Stadtentwicklungsplanung mit der Erstellung eines Anpassungsplans mittelfristig darauf hinwirken, dass Anpassungserfordernisse bei kommunalen Planungen berücksichtigt werden. Sie verpflichten sich durch politische Beschlüsse selbst dazu, die Maßnahmen des Plans im Rahmen ihrer Bauleitplanung bei der Abwägung zu berücksichtigen. In den Bebauungsplänen können Festsetzungen getroffen werden, die auf die Vermeidung einer allzu starken Aufwärmung während Hitzeperioden hinwirken. Die Umsetzung der Maßnahmen zur Klimaanpassung beinhaltet auch konkrete Einzelmaßnahmen wie die Begrünung und Verschattung oder die Installation von Trinkwasserspendern, die eine relevante Entlastung bringen. Dabei ist es wichtig, dass die Wirksamkeit der Maßnahmen überprüft und damit Nachjustierungen möglich werden.

Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels wird von der Vorbereitung über die Planung bis hin zur Umsetzung von Maßnahmen durch das aktuelle Landesförderprogramm KLIMOPASS (Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg) unterstützt. Das Förderprogramm wurde im Jahr 2010 erstmals beschlossen. Bis 2016 wurden über 80 angewandte Forschungsprojekte durchgeführt, die teilweise bereits Anpassungsgrundlagen für beispielhafte Kommunen geschaffen haben.

Die Anzahl von Kommunen mit Klimaanpassungsplänen oder weiteren Anpassungsaktivitäten, die durch KLIMOPASS finanziell



HANDLUNGSFELD STADT- UND RAUMPLANUNG

unterstützt wurden, ist seit 2011 kontinuierlich gestiegen. Der sprunghafte Anstieg im Jahr 2016 ist auf ein Projekt zurückzuführen, das auf Landkreisebene initiiert wurde und an dem sich alle Kommunen des Landkreises beteiligten. Aufgrund einer Evaluation und anschließenden Überarbeitung des Förderprogramms konnten im Jahr 2017 keine neuen Anträge gestellt werden. Mit der Neuauflage werden seit 2018 verstärkt Kommunen adressiert. Lokale Akteurinnen und Akteure erhalten nun Unterstützung für Beratungen und Schulungen, die Erstellung von Klimaanalysen und Verwundbarkeitsuntersuchungen sowie die Umsetzung konkreter Maßnahmen.

Während sich Städte und insbesondere Großstädte bereits früh an KLIMOPASS beteiligt haben, sind in den letzten Jahren vermehrt auch die mittelgroßen und kleineren Kommunen nachgezogen und haben Anträge gestellt. Gründe hierfür sind sowohl die Fokussierung

der Förderung auf kommunale Bedarfe als auch die zunehmende Wahrnehmung von Klimafolgen. Letzteres war auch ein Ergebnis der kürzlich unter Kommunal- und Kreisverwaltungen in Baden-Württemberg durchgeführten Umfrage der LUBW zum Thema „Wie kommt der Klimawandel bei Kommunen an?“.

In Baden-Württemberg gibt es insgesamt 1.101 Kommunen. Demgegenüber ist die Gesamtanzahl von gut 70 Kommunen, die bisher die KLIMOPASS Förderung im Zeitraum 2011 bis 2019 für Anpassungsvorhaben nutzten, gering. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass es alternative Fördermöglichkeiten zum Beispiel auf Bundesebene gibt und Kommunen auch in Eigenfinanzierung Maßnahmen umsetzen. Insgesamt dürften also bereits deutlich mehr Kommunen in der Klimafolgenanpassung Fortschritte erzielt haben.

Kurz notiert:

- Seit 2011 werden in Baden-Württemberg Anpassungsmaßnahmen über das Programm KLIMOPASS gefördert.
- Laut aktueller Umfrage sind Klimafolgen und Anpassung ein immer größeres Thema in den Kommunen.
- Die Anzahl der Städte und Kommunen mit einer Förderung über KLIMOPASS ist gestiegen.





Handlungsfeld Wirtschaft und Energiewirtschaft

INDIKATOREN

I-WE-1: Schiffbarkeit von Binnenschifffahrtsstraßen

I-WE-2: Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung

I-WE-3: Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung

R-WE-1: Wasserverwendung in der Wirtschaft

R-WE-2: Wärmeeinleitung von thermischen Kraftwerken



Das Produzierende Gewerbe erwirtschaftete im Jahr 2018 186 Milliarden Euro und damit 40,4% der Bruttowertschöpfung Baden-Württembergs. Das Verarbeitende Gewerbe, das zum Produzierenden Gewerbe gehört und einen Bruttowertschöpfungsanteil von 33,3% besitzt, hatte im gleichen Jahr 1,5 Millionen Beschäftigte. Etwa jeder oder jede vierte Beschäftigte arbeitete damit für die Industrie des Landes. 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 des Landes, wenn Zulieferbetriebe oder Kundinnen und Kunden betroffen sind.

Gleichzeitig kann das weltweite Streben nach Klimaschutz und Klimaanpassung den hiesigen Unternehmen neue Absatzmärkte öffnen. Die Nachfrage nach grünen und energieeffizienten Technologien dürfte in Zukunft noch steigen. Deutschland gilt als Vorreiter in Umweltechnologien. Zu den wichtigen Industriebranchen Baden-Württembergs gehören die Automobilindustrie, die Bauwirtschaft, die Chemieindustrie so-

wie 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 Sommern kann die Verfügbarkeit von Wasser abnehmen. In heißen und trockenen Jahren wie 2003 oder 2018 kommt es zu Einschränkungen, wenn die Temperaturen des Rheins kritische Werte überschreiten oder Wasser knapp wird. Auch Strom ist ein wichtiger Produktionsfaktor. Im Jahr 2017 betrug der Stromabsatz in Baden-Württemberg rund 57 Milliarden Kilowattstunden. Rund 49% 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.

Mit der Fortschreibung des Monitoringberichts konnte für das Handlungsfeld Wirtschaft und Energiewirtschaft ein zusätzlicher Indikator in die Berichterstattung aufgenommen werden. Mithilfe des Indikators zur Abwärmeeinleitung von thermischen Kraftwerken kann für Rhein und Neckar in den Blick genommen werden, wie die Weiterentwicklung des Energiesektors dazu beiträgt, die Einleitung von Kühlwasser zu verringern. Die Gewässer werden dadurch weniger durch menschgemachte Wärme belastet, und die Stromerzeugung wird robuster gegenüber Einschränkungen, die bei erhöhten Gewässertemperaturen oder niedrigen Wasserständen entstehen können.



Niedrigwasser schränkt Rheinschifffahrt häufiger ein

Rhein und Neckar sind die bedeutendsten Wasserstraßen in Baden-Württemberg. Die Schiffbarkeit beider Flüsse ist daher von hoher wirtschaftlicher Bedeutung.

Wetter und Witterung können die Schifffahrt auf dem baden-württembergische Rheinabschnitt, der zum Oberrhein zählt, und auf dem Neckar auf dreierlei Weise beeinflussen: Erstens können lang andauernde stabile Wetterlagen mit hohen Niederschlägen sowie Starkregen und Schneeschmelze zu Hochwasser führen. Bei Hochwasser muss die Schifffahrt auf dem Oberrhein eingestellt werden, wenn die Hochwasserlinie II überschritten ist. Sie markiert den höchsten Schifffahrtswasserstand (HSW). Zweitens können Hitze und Trockenheit am frei fließenden Rhein unterhalb der Stauhaltung Iffezheim Niedrigwasser verursachen. Wird dabei der „gleichwertige Wasserstand“ (GIW) erreicht oder unterschritten, ist die Binnenschifffahrt zwar noch möglich, aber die Abladetiefe und die Beladung unterliegen dann Einschränkungen. Und drittens kann Eisgang infolge starken Frosts Sperrungen zur Folge haben.

Der Indikator stellt die Einschränkungen der Schifffahrt anhand des Pegels Maxau dar, der als Bezugspegel (Richtpegel) für einen rund 50 Kilometer langen Abschnitt des Oberrheins dient. Die für Hoch- und Niedrigwasser relevanten Pegelstände von 7,50 m (HSW) bzw. 3,69 m (GIW 2012) werden dort immer wieder über- bzw. unterschritten.

Wegen Hochwassers musste die Schifffahrt vor allem im Jahr 1970, Anfang und Ende der 1980er-Jahre sowie im Jahr 1999 eingestellt werden. In der aktuellen Monitoringperiode war der Rhein im Jahr 2016 erstmals nach 2001 und 2002 wieder für mehr als 10 Tage für die Schifffahrt gesperrt. Die Tiefdruckgebiete Elvira und Friederike hatten mit starkem und lang andauerndem Regen dazu geführt, dass am Pegel Maxau der HSW Mitte Mai und im Juni erreicht bzw. überschritten wurde.

Einschränkungen durch Niedrigwasser werden seit 1997 systematisch dokumentiert. Sie



HANDLUNGSFELD WIRTSCHAFT UND ENERGIEWIRTSCHAFT

treten in einzelnen Jahren zum Teil massiv auf, sodass Schiffe ihre Zuladung begrenzen müssen. Von 2015 bis 2018 gab es in jedem Jahr Einschränkungen wegen Niedrigwassers. Die bislang meisten Niedrigwassertage gab es im Jahr 2018. Im ganzen Flusseinzugsgebiet regnete es von Anfang Februar bis Ende November wenig oder gar nicht. Zudem war 2018 das wärmste Jahr in Baden-Württemberg seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Die damit einhergehende hohe Verdunstung und die sehr geringen Niederschläge führten zu einer extrem lang anhaltenden Niedrigwassersituation. Der Rhein führte von August bis Dezember Niedrigwasser; in Summe kam es zu 80 Niedrigwassertagen. Im Jahr 2019 gab es am Pegel Maxau dagegen einer ersten Auswertung zufolge keine Hoch- oder Niedrigwassertage.

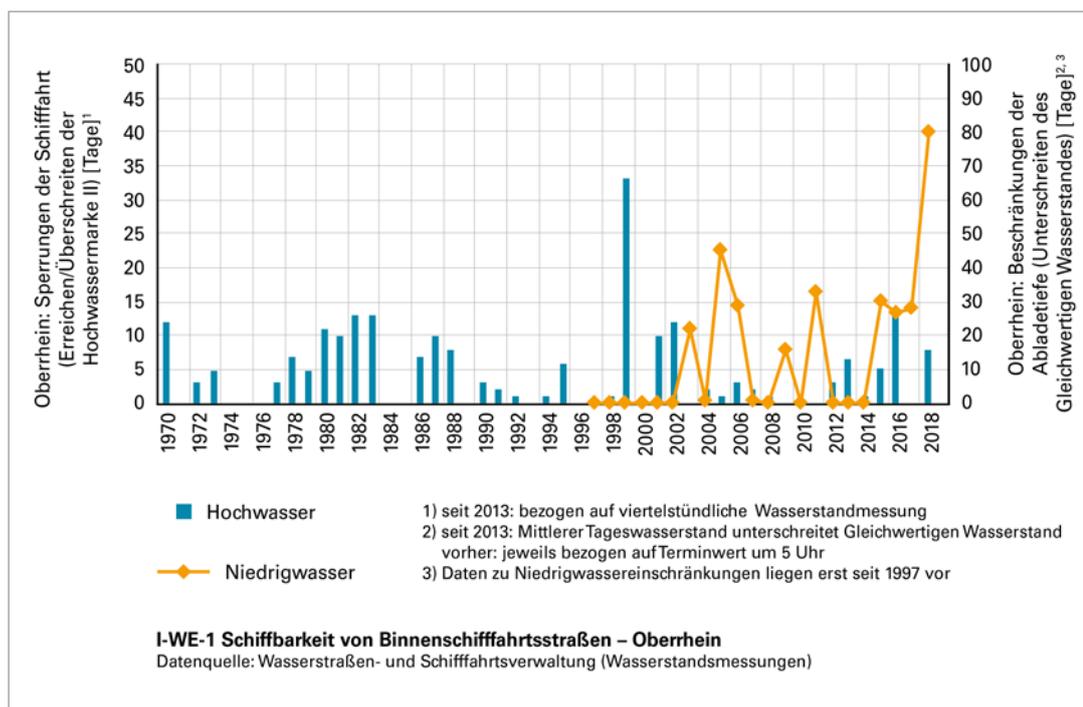
Die Hochwassersperrungen zeigen nach wie vor keinen eindeutigen Trend. Der Anstieg der Niedrigwassertage dagegen ist mittlerweile, anders als noch im letzten Bericht, statistisch signifikant.

Sperrungen wegen Eisgangs gibt es auf dem Rhein seit Langem nicht mehr, dagegen war der Neckar (nicht im Diagramm abgebildet) aus diesem Grund in einzelnen Jahren gesperrt, zuletzt 2009 und 2012. Im Gegensatz zum frei fließenden Rhein ist er staugeregelt, fließt daher deutlich langsamer und friert schneller zu. Seit 1971 kam dies aber nur in fünf Jahren vor. Während Niedrigwasser am Neckar wegen der Stauhaltungen kein erhebliches Problem darstellt, schränkt Hochwasser die Neckarschifffahrt jedes Jahr ein, zumeist zwischen einer und drei Wochen.

Durch die Klimaerwärmung könnten Sperrungen wegen Eisgangs künftig auch auf dem Neckar noch seltener werden. Hochwasser dagegen könnte die Schifffahrt an Rhein und Neckar häufiger und länger beeinträchtigen. Und an den frei fließenden Strecken des Oberrheins können Niedrigwasser häufiger und intensiver auftreten. Neben Hitze und Trockenheit sind ein weiterer Grund dafür die abnehmenden Schneespeicher im Alpenraum, die den Rhein mit immer weniger Wasser speisen.

Kurz notiert:

- Die Folgen von Wetter und Witterung schränken die Binnenschifffahrt auf dem Rhein und dem Neckar in einzelnen Jahren deutlich ein.
- Auf dem Rhein nahmen die Einschränkungen durch Niedrigwasser signifikant zu.
- Zukünftig ist mit einer Zunahme von Hoch- und Niedrigwassern zu rechnen.



QUERVERWEISE:

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



Kurz notiert:

- Im Mittelspannungsnetz nahmen Unterbrechungen auch wegen hoher technischer Standards signifikant ab.
- In einzelnen Jahren verursachten extreme Stürme und Orkane vermehrt Stromausfälle.

Sichere Stromversorgung

Stürme, Orkane, Blitzschlag, Hagel, Eisregen, massiver Schneefall oder Hochwasser führen nicht nur 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. Im Nieder- und Mittelspannungsnetz sind Unterbrechungen häufig direkt für Endverbraucherinnen und -verbraucher spürbar, da diese meist nur über einen Leitungsweg ans Netz angeschlossen sind. Anders als Hoch- und Höchstspannungsnetz gibt es hier in der Regel keine redundanten Versorgungswege.

Auslöser der hohen Werte im Jahr 2007 war der Sturm Kyrill, der in Baden-Württemberg zu Stromausfällen bei rund 270.000 Haushalten führte. Im Jahr 2012 zerstörten im Januar das Orkantief Andrea und Anfang Juli das

Sturmtief Lisa Strommasten und Freileitungen. Im Vergleich mit Deutschland zeichnet sich seit 2013 ab, dass wetter- und witterungsbedingte Unterbrechungen in Baden-Württemberg zwar eine tendenziell größere Rolle spielen, hier aber absolut gesehen zumeist weniger Kunden von Unterbrechungen betroffen sind als im Bundesdurchschnitt.

Nehmen infolge des Klimawandels extreme Wetterereignisse künftig zu, könnte dies zu häufigeren Stromausfällen führen. In der noch kurzen Zeitreihe zeichnet sich eine solche Entwicklung bisher nicht ab. Im Gegenteil nehmen im Mittelspannungsnetz wetter- und witterungsbedingte Unterbrechungen sogar signifikant ab. Im Niederspannungsnetz ist noch kein Trend erkennbar, es deutet sich aber ebenfalls eine Abnahme an. Hierfür gibt es auch technische Gründe. Denn wie störanfällig die Netze sind, hängt auch von ihrer Qualität, ihrem Wartungszustand und ihrem Alter ab. Zudem beeinflusst der Anteil von Erdkabeln, wie häufig es wetter- und witterungsbedingt zu Stromausfällen kommt.



QUERVERWEISE

► I-WE-3: Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung





Dauer wetterbedingter Stromausfälle

Für die Qualität der Stromversorgung spielt auch die Dauer von Unterbrechungen, die sogenannte Nichtverfügbarkeit, eine wichtige Rolle. Im landesweiten Mittel waren Letztverbraucherinnen und -verbraucher in Baden-Württemberg zwischen 2 und 4 Minuten jährlich von wetterbedingten Stromausfällen betroffen. Bei der Mittelspannung nahm die Dauer wetterbedingter Stromausfälle signifikant ab. Für die Niederspannung ist bislang kein Trend erkennbar.

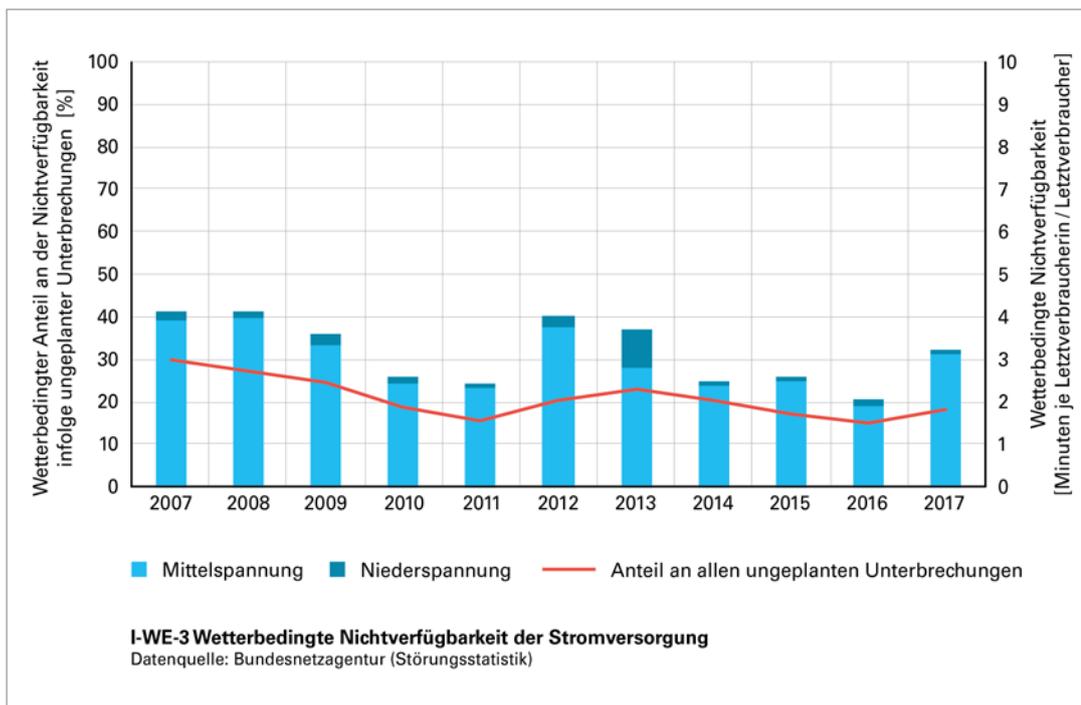
Extreme Ausschläge zeigt die Zeitreihe der wetter- und witterungsbedingten Nichtverfügbarkeit von Strom von Nieder- und Mittelspannung bislang nicht. Auffällig sind die längeren Ausfälle im Bereich der Niederspannung im Jahr 2013. Damals lag die Nichtverfügbarkeit um das Dreifache über dem Wert der anderen Jahre. Der Grund hierfür liegt in einer längeren

Stromabschaltung im Bereich der Landhaus-siedlung Mössingen. Dort hatte sich nach Starkniederschlägen auf einer Fläche von rund neun Hektar eine halbe Million Kubikmeter Boden- und Felsmasse in Bewegung gesetzt und mehrere Gebäude erfasst. Die Stromversorgung blieb während der über ein Jahr dauernden ingenieurgeologischen Sicherungsmaßnahmen abgeschaltet, die Siedlung wurde evakuiert. Der lange Ausfall wurde insgesamt dem Erdbeben zugerechnet und drückt sich in der hier abgebildeten Statistik aus. Die heftigen Hagelunwetter Ende Juli und Anfang August 2013 schlugen sich nicht in besonderen Störungen der Stromversorgung nieder.

Nach den ruhigeren Jahren 2014 bis 2016 kam es im Jahr 2017 wieder zu vermehrten wetterbedingten Stromausfällen. Grund waren vor allem häufigere extreme Wetterereignisse wie das Orkantief Egon im Januar, verschiedene Gewitter mit Sturmböen im Juli und die Ausläufer der Sturmtiefs Xavier und Herwart im Oktober.

Kurz notiert:

- Die Stromverbraucherinnen und -verbraucher in Baden-Württemberg waren meist nur wenige Minuten von Unterbrechungen betroffen.
- Die Dauer von wetterbedingten Stromausfällen in der Mittelspannung ging signifikant zurück.



QUERVERWEISE:

- I-WE-2: Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung



Wasserverbrauch der Wirtschaft sinkt, Wasserpro- duktivität steigt

Werden durch den Klimawandel Trocken- und Hitzeperioden künftig wie erwartet häufiger, intensiver und länger, so steigen die Wassertemperaturen in den Fließgewässern im Sommer stärker an und die Abflussmengen nehmen

stärker ab. Infolge dessen kann die Entnahme von Kühlwasser, Prozesswasser oder Wasser für sonstige betriebliche Nutzungen sowie die Einleitung von gebrauchtem Kühlwasser in Fließgewässer häufiger eingeschränkt werden. Diese Maßnahmen dienen dazu, Gewässer bzw. deren pflanzliche und tierische Bewohner vor zu hohen Wassertemperaturen und zu geringen Sauerstoffgehalten zu schützen. In den Jahren 2003, 2006 und 2015 mussten bereits solche Maßnahmen ergriffen werden. Zuletzt wurde im Jahr 2018 infolge der lang anhaltenden Hitze und Trockenheit die Einleitung gebrauchten, erwärmten Kühlwassers in den Rhein beschränkt. Verschiedene Industriebetriebe mussten ihre Produktion drosseln, teilweise mit erheblichen wirtschaftlichen Folgen.

Unternehmen, die ihren Wasserbrauch verringern und sich von der Ressource Wasser unabhängiger machen, sind von solchen Einschränkungen in der Regel weniger betroffen. Die Zeitreihe stellt daher als Anpassungsindikator die Wasserverwendung aus Oberflächengewässern der Wirtschaft einschließlich der Energieversorgung zur Kühlung und Produktion dar. Das zur landwirtschaftlichen Bewässerung verwendete Wasser ist nicht berücksichtigt.

Die von den Wirtschaftsunternehmen verwendete Menge an Frischwasser sinkt seit Jahren signifikant. Wurden im Jahr 1995 noch 6.462 Millionen Kubikmeter Wasser für Kühlung und Produktion verwendet, waren es im Jahr 2016 nur noch 3.356 Millionen Kubikmeter. Die verwendete Wassermenge konnte in den letzten 20 Jahren also fast halbiert werden.

Das Bruttoinlandsprodukt ist im gleichen Zeitraum deutlich gestiegen. Das Wirtschaftswachstum hat sich also stark vom Wasserverbrauch abgekoppelt: Je eingesetzter Wassermenge konnte deutlich mehr Wertschöpfung erzeugt werden. Dies drückt sich in einem signifikant steigenden Trend der Wasserproduktivität im Verarbeitenden Gewerbe („Industrie“)



HANDLUNGSFELD WIRTSCHAFT UND ENERGIEWIRTSCHAFT

aus. Sie war im Jahr 2016 2,5 Mal so hoch wie noch im Jahr 1995.

Der Rückgang der Wasserverwendung ist wesentlich darauf zurückzuführen, dass konventionelle Kraftwerke weniger Wasser zur Kühlung einsetzen. Seit Beginn der 2000er-Jahre kommen der Ausbau der erneuerbaren Energien und der schrittweise Ausstieg aus der nuklearen Stromerzeugung hinzu. Seither wird immer weniger Strom in Kraftwerken erzeugt, die auf Kühlwasser angewiesen sind.

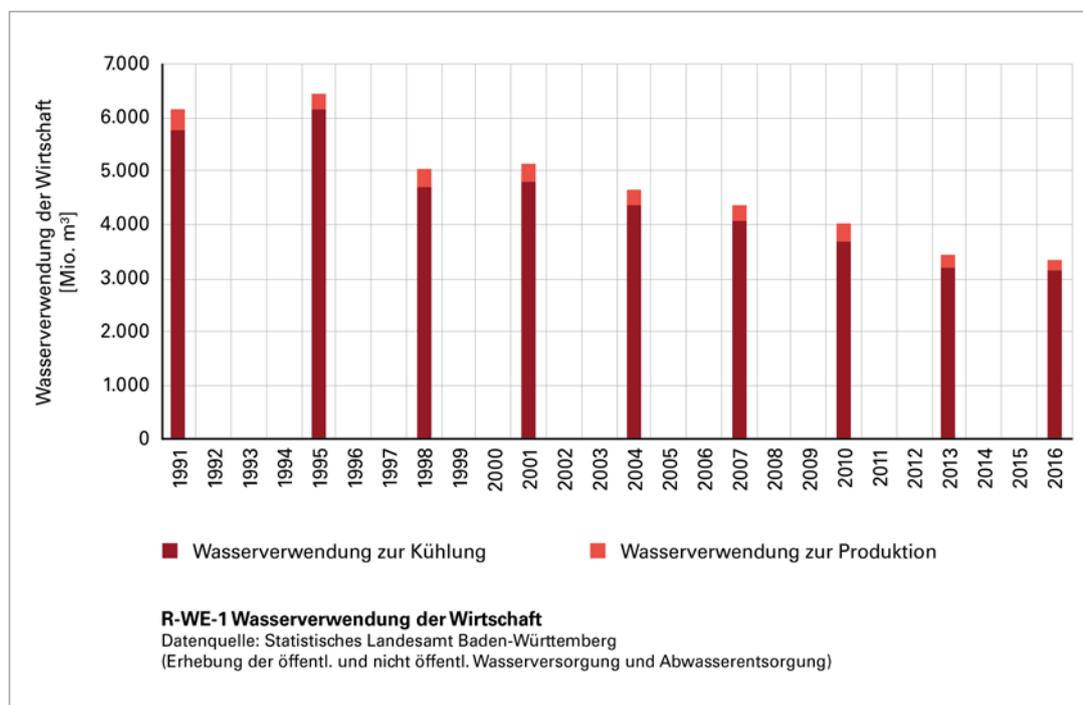
Der erste deutliche Rückgang des Kühlwasserbedarfs im Jahr 1998 war trotz steigender konventioneller Stromerzeugung auf den Einsatz wassersparender Maßnahmen wie der Kreislaufnutzung zurückzuführen. Ein Grund hierfür war die Verdoppelung des Wasserentnahmetentgelts für Kühlwasser in 1998. Mittlerweile bemisst sich die Höhe der Wasserentnahmetentgelte an der eingeleiteten Wärmemenge. Insbesondere für kühlwasserintensive Unternehmen bestehen also finanzielle und wirksame Anreize, um die Gewässer zu schonen.

Auch der insgesamt deutlich geringere Wasserbedarf für die industrielle Produktion ist rückläufig. Die Gründe hierfür liegen in einem zunehmenden Umweltbewusstsein bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern, aber auch in schärferen Umweltauflagen und steigenden Kosten für die Wassernutzung. Unternehmen versuchen daher, durch Wasseraufbereitung oder Grauwassernutzung weniger Frischwasser einzusetzen.

Der sinkende Wasserverbrauch der Wirtschaft ist ein Erfolg für den Umwelt- und Ressourcenschutz. Er unterstützt zudem die Anpassung der Wirtschaft an den Klimawandel, denn Unternehmen, die in geringerem Umfang auf Kühlwasser angewiesen sind, sind in heißen und trockenen Jahren auch weniger verwundbar. Darüber hinaus schwächt die zunehmende Wassereffizienz mögliche Nutzungskonflikte mit anderen Verbraucherinnen und Verbrauchern wie der Landwirtschaft ab, die in heißeren und trockeneren Sommern künftig auf mehr Wasser angewiesen sein könnten.

Kurz notiert:

- Der Wasserverbrauch von Unternehmen einschließlich der Energieversorgung nahm signifikant ab, ihre Wasserproduktivität stieg im Gegenzug signifikant an.
- Eine geringere Abhängigkeit von Wasserentnahmen verringert die betrieblichen Risiken.



QUERVERWEISE

- I-WH-3: Niedrigwasser
- R-WE-2: Wärmeeinleitung von thermischen Kraftwerken



Weniger Abwärme aus Kraftwerken

In Baden-Württemberg werden knapp 80% des zur Nutzung entnommenen Grund- und Oberflächenwassers für die Kühlung in Kohle-, Kern- oder anderen Wärmekraftwerken eingesetzt. Das Kühlwasser dient in den Kraftwerken dazu, ein möglichst großes Temperaturgefälle zwischen dem Brennofen oder Reaktor und der Turbine herzustellen und so die Stromerzeugung zu optimieren. In den ba-

den-württembergischen Wärmekraftwerken erfolgt die Kühlung, Stand 2016, teilweise mit einer Durchlaufkühlung. Diese ist die wirtschaftlich effizienteste, aber gleichzeitig die wasserintensivste Art der Kraftwerkskühlung: Das Kühlwasser wird einem Fluss entnommen und einmalig zur Kühlung genutzt. Das erwärmte Wasser wird danach in den Fluss zurückgeleitet, vermischt sich mit dem Flusswasser und erhöht die Wassertemperatur.

Klimaprojektionen gehen von steigenden Lufttemperaturen aus, die die Gewässertemperaturen zukünftig ebenfalls steigen lassen könnten. Für die kühlwasserabhängigen Wärmekraftwerke wird dadurch zum einen das Kühlpotenzial des entnommenen Wassers geringer. Zum anderen können sich im Winter wie im Sommer Situationen häufen, in denen wasserrechtliche Vorgaben die Rückführung von Kühlwasser beschränken. In Baden-Württemberg legen diese Vorgaben für jeden Kraftwerksstandort konkrete Maximalwerte für das eingeleitete Kühlwasser oder für die Mischwassertemperatur fest. Darüber hinaus existieren für kritische Temperaturbereiche in den Sommermonaten freiwillige Übereinkünfte zwischen den Kraftwerksbetrieben und dem Land. Die Vorgaben zielen darauf, günstige gewässerökologische Bedingungen gemäß den Zielstellungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie zu erhalten oder zu erreichen. Die Wassertemperatur ist dabei eine wichtige Größe, denn sie steuert Lebensbedingungen, Reproduktion, Wachstum und Entwicklung der pflanzlichen und tierischen Gewässerbewohner und bestimmt deren Verbreitung beziehungsweise Wanderungsverhalten.

Der Indikator zeigt die Wärmeeinleitungen von konventionellen Kraftwerken in Baden-Württemberg seit dem Jahr 2000. Der signifikante Rückgang der Abwärmeeinleitung aus Kernkraftwerken ergibt sich aus den energiepolitischen Vorgaben. Nach dem Anfang der 2000er-Jahre gefassten Beschluss, aus der Atomkraft



HANDLUNGSFELD WIRTSCHAFT UND ENERGIEWIRTSCHAFT

auszusteigen, wurde in Baden-Württemberg 2005 das Kernkraftwerk Obrigheim vom Netz genommen. Die Produktion von konventionell erzeugtem Strom nahm insgesamt wegen der begonnenen Energiewende ab. Infolge dieser Entwicklungen ging der Kühlwasserbedarf zurück. Nach einer zwischenzeitlichen Verlängerung der Restlaufzeiten für Kernkraftwerke wurde nach dem Reaktorunglück von Fukushima der Atomausstieg endgültig beschlossen. Im Land wurden daraufhin 2011 die Stromproduktion des Blocks 1 des Kernkraftwerks Neckarwestheim sowie des Blocks 1 in Philippsburg eingestellt. Ende 2019 wurde Block 2 in Philippsburg stillgelegt, Ende 2022 soll der verbliebene Block 2 in Neckarwestheim folgen.

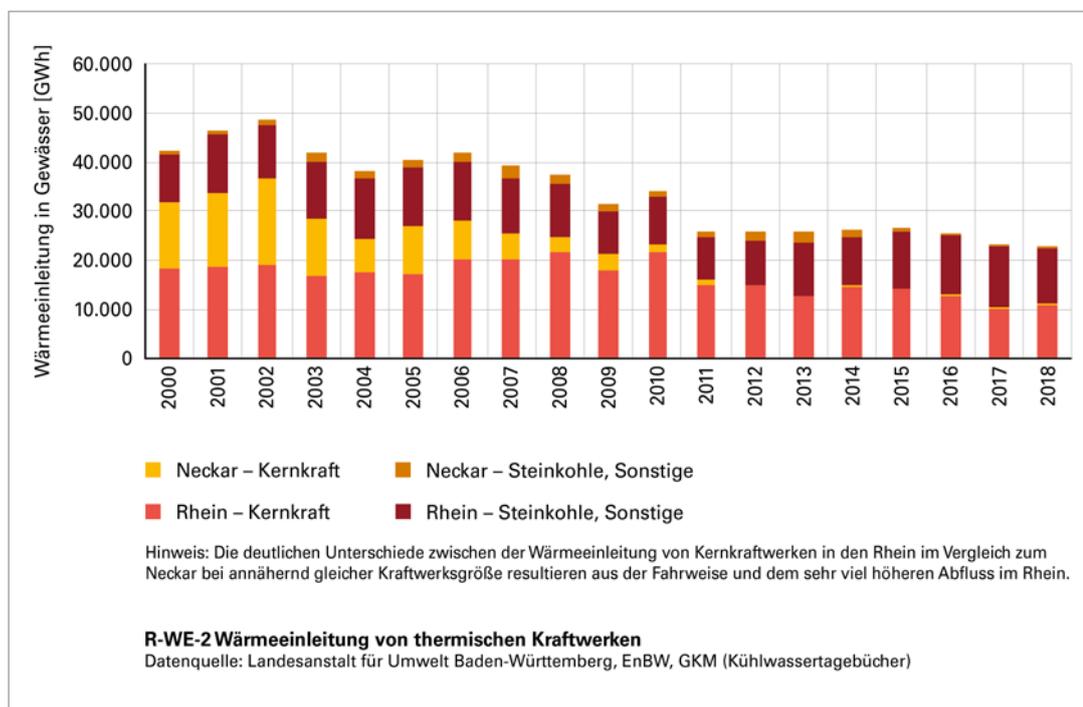
Obwohl ein Teil des Atomstroms durch die Stromerzeugung aus Kohle kompensiert wird, waren die Einleitungen in den letzten Jahren weiter rückläufig und erreichten in den Jahren 2017 und 2018 ihre bislang niedrigsten Werte. Dies ist auch auf die zunehmende Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen zurückzuführen,

für die in der Regel keine Kühlwassernutzung notwendig ist. Ein weiterer Grund für den Rückgang ist die Kopplung der Wasserentnahmeentgelte an die eingeleitete Wärmemenge. Unternehmen leiten unter anderem durch den Einsatz von Mehrfach- oder Kreislaufkühlsystemen sowie durch stärkere Rückkühlung, zum Beispiel durch Kühltürme, weniger Kühlwasser oder Kühlwasser mit einer niedrigeren Temperatur ein und können dadurch Kosten sparen.

Der Rückgang ist aus Sicht der Klimaanpassung positiv zu bewerten. Zum einen wird das Energiesystem durch die abnehmenden Kühlwassereinleitungen und die rückläufigen Abwärmemengen unabhängiger von den oben beschriebenen Faktoren. Zum anderen wirkt die Verringerung der menschgemachten Belastungen einer thermischen Überbelastung der Gewässer entgegen und trägt damit zum Schutz der Gewässer und ihrer pflanzlichen und tierischen Bewohner bei.

Kurz notiert:

- Die Abwärmeeinleitungen aus Kernkraftwerken nahmen seit dem Jahr 2000 signifikant ab.
- Das Energiesystem wurde weniger abhängig von Kühlwasser.
- Die Wärmebelastungen von Gewässern durch Kühlwasser gingen zurück.

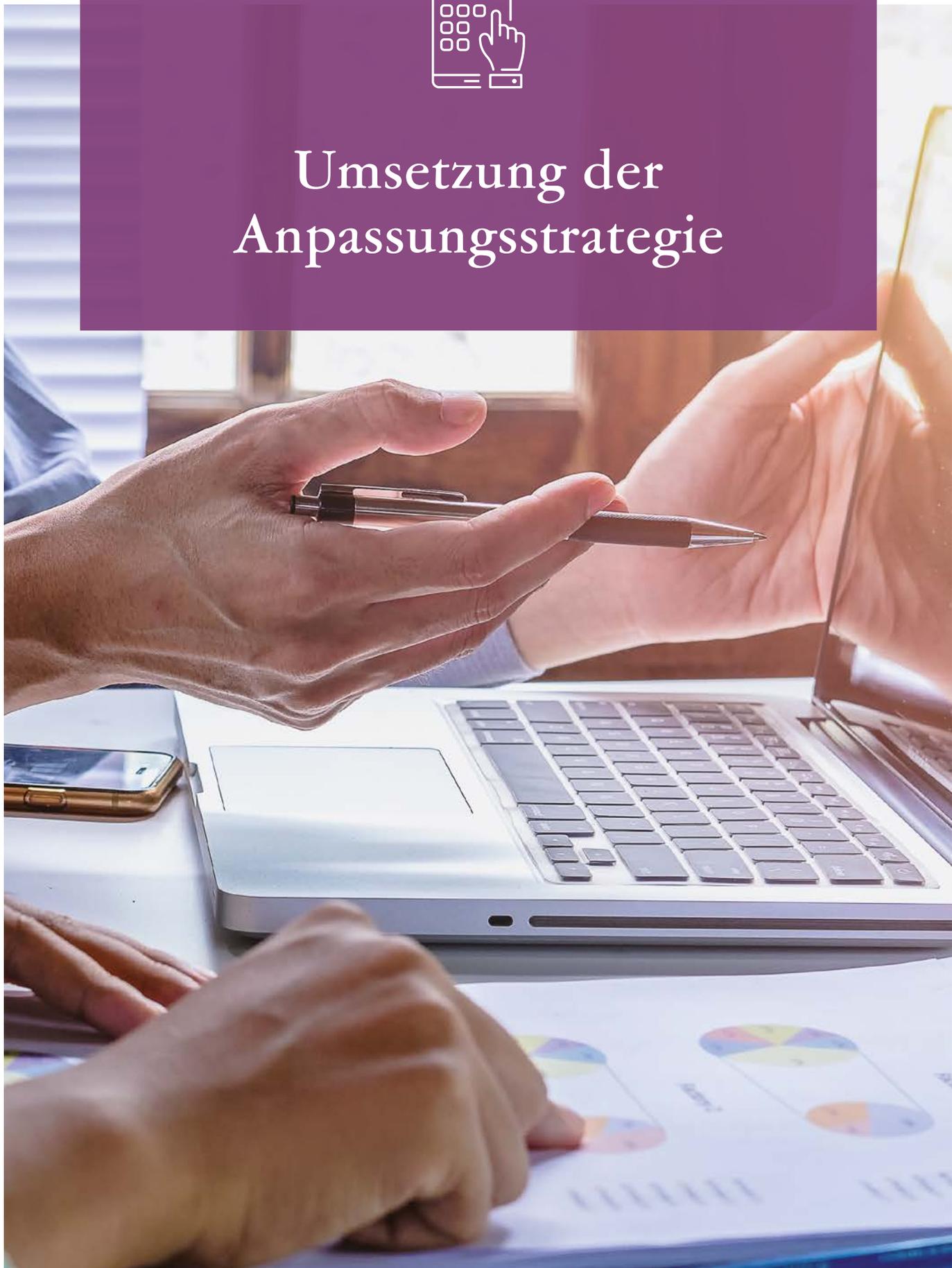


QUERVERWEISE:

- ▶ I-WH-3: Niedrigwasser
- ▶ R-WH-1: Gewässerstruktur
- ▶ R-WE-1: Wasserverwendung der Wirtschaft



Umsetzung der Anpassungsstrategie





Anpassungsmaßnahmen

In den ersten beiden Kapiteln wurden die klimatische Entwicklung sowie die damit einhergehenden Folgen und Chancen in den einzelnen Handlungsfeldern beschrieben. Es wurde deutlich, dass sich das Klima in Baden-Württemberg selbst bei der erfolgreichen Umsetzung einer ambitionierten Klimaschutzpolitik weiterhin aufgrund des anthropogenen Einflusses der vergangenen Jahrzehnte mit hoher Wahrscheinlichkeit verändern und weitere spürbare Folgen mit sich bringen wird. Im Sinne der Vorsorge ist es daher entscheidend, dass neben den Klimaschutzmaßnahmen auch geeignete Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden.

In der Anpassungsstrategie werden insgesamt 76 Maßnahmen in den beschriebenen neun

Handlungsfeldern vorgeschlagen. Die Maßnahmenvorschläge umfassen ein großes Spektrum. Sie reichen von der Bewusstseinsbildung, der Forschung sowie der Finanzierung und der Förderung von Maßnahmen über gesetzliche und planerische Regelungen bis hin zu Empfehlungen für Betriebskonzepte oder baulichen Maßnahmen. Der Großteil der Maßnahmen liegt im direkten Verantwortungsbereich der öffentlichen Verwaltung. Es sind jedoch auch Maßnahmen enthalten, die im Umsetzungsbereich privater Akteurinnen und Akteure liegen. Es liegen daher für einige Maßnahmen nicht ausreichend Informationen vor.

Die nachstehende Tabelle schafft einen Überblick über die 76 Maßnahmen der Anpassungsstrategie.



Maßnahmen der Anpassungsstrategie im Überblick

M-Nr.	Maßnahme	Ausführungen s. Seite
Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft		
FW1	Entwicklung von Methoden zur Dynamisierung der Baumarteneignungsbeurteilung	161
FW2	Entwicklung eines Beratungskonzepts für Waldbesitzerinnen und -besitzer	162
FW3	Monitoring von Schadorganismen	163
FW4	Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und Förderung der Durchwurzelung	190 (Übersichtstabelle)
FW5	Entwicklung eines umfassenden Entscheidungsunterstützungssystems	190 (Übersichtstabelle)
FW6	Waldbauliche Maßnahmen zur Verringerung klimawandelbedingter Risiken	164
FW7	Optimierte Nutzung von Laub- und Nadelholz	191 (Übersichtstabelle)
FW8	Sicherung und Wiederherstellung von Wanderungsbewegungen und Arealverschiebungen durch Umsetzung und Weiterentwicklung des Generalwildwegeplans (GWP)	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden
FW9	Pflegemaßnahmen zur Stabilisierung besonders durch den Klimawandel bedrohter Lebensräume	165
Handlungsfeld Landwirtschaft		
LW1	Konservierende Bodenbearbeitung anwenden und ausdehnen	167
LW2	Fruchtfolge erweitern und verschiedene Sorten pro Kulturart anbauen	168
LW3	Etablierte und neu auftretende Schaderreger überwachen und Vorsorgetreffen	169
LW4	Frostschutzmaßnahmen ausbauen	191 (Übersichtstabelle)
LW5	Wertvolle Kulturen vor Hagel und Starkregen durch Überdachungssysteme und Risikominimierung schützen	191 (Übersichtstabelle)
LW6	Bewässerung aufbauen und Verfahren optimieren	170
LW7	Sortenspektrum anpassen	171
LW8	Klimaführung und Kulturfolge gartenbaulicher Kulturen anpassen	191 (Übersichtstabelle)
LW9	Intensiv genutztes Grünland gezielt verbessern	172
LW10	Wärmebelastung für Schweine bei Stallneubauten und in bestehenden Ställen vermindern	191 (Übersichtstabelle)
Handlungsfeld Boden		
BO1	Reduzierung der Flächeninanspruchnahme	173
BO2	Stärkere Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit von Böden bei Planungsverfahren	174
BO3	Ausweisung von Bodenschutzflächen	191 (Übersichtstabelle)
Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität		
NA1	Ermittlung, Förderung und Schutz von Verantwortungsarten, für die sich die Gefährdung erhöht	174
NA2	Verbesserung der Überlebenschancen von klimasensitiven und gefährdeten Arten fördern	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden
NA3	Schutzverantwortung bei neu einwandernden Arten prüfen und ggf. Schutzmaßnahmen ergreifen; Einbeziehung von Neobiota in das naturschutzfachliche Informationswesen	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden
NA4	Intensivierung der Renaturierungsmaßnahmen für Hoch- und Niedermoore	175
NA5	Förderung des Wasserrückhalts durch Schutz von Feuchtgebieten	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden



M-Nr.	Maßnahme	Ausführungen s. Seite
NA6	Erhaltung und Wiederherstellung von naturnahen Auen und ihrer natürlichen morphodynamischen Prozesse	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden
NA7	Förderung und Schutz weiterer gefährdeter Lebensraumtypen/Biototypen	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden
NA8	Schutzgebiete als Kernflächen des Biotopverbunds erhalten, stärken und erweitern	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden
NA9	Berücksichtigung des Klimawandels bei der landesweiten Biotopverbundplanung	177
NA10	Landeskonzept zur Wiedervernetzung erleichtert die klimabedingte Wanderung	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden
NA11	Entwicklung und aktive Förderung von Wald-Lebensraumtypen	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden
Handlungsfeld Wasserhaushalt		
WA1	Technischen Hochwasserschutz wirtschaftlich einsetzen	178
WA2	Betroffene an der Festlegung der Anpassungsmaßnahmen beteiligen und informieren	179
WA3	Natürlichen Wasserrückhalt in der Fläche fördern	192 (Übersichtstabelle)
WA4	Niedrigwasserabflüsse genauer erfassen, Vorhersagen auf kleine Einzugsgebiete erweitern	192 (Übersichtstabelle)
WA5	Kommunales Risikomanagement „Überflutungsschutz“ umsetzen und integrierte Planungsprozesse für eine wassersensitive Stadtentwicklung etablieren	192 (Übersichtstabelle)
WA6	Abwassertechnische Anlagen vor Hochwasser schützen	192 (Übersichtstabelle)
WA7	Risiko der Versorgungsunternehmen minimieren und Versorgungsstrukturen verbessern	180
WA8	Naturnahe Gewässerstrukturen entwickeln und naturnahe Sukzession am Ufer fördern	182
WA9	Ausbau des Monitorings bei Fließgewässern, Grundwasser und Bodensee	192 (Übersichtstabelle)
Handlungsfeld Tourismus		
TO1	Klimaverträgliche nachhaltige Angebote schaffen	183
TO2	Radland Baden-Württemberg ausdehnen	184
TO3	Beherbergungsbetriebe klimafit machen	193 (Übersichtstabelle)
TO4	Aufenthaltsqualität sichern und optimieren	193 (Übersichtstabelle)
TO5	Saison für Outdoor-Tourismus erweitern	193 (Übersichtstabelle)
TO6	Strand- und Badetourismus ausbauen	193 (Übersichtstabelle)
TO7	Schneesport in den noch geeigneten Höhenlagen sichern	193 (Übersichtstabelle)
TO8	Nordic Sports (Movement) saisonunabhängig entwickeln	193 (Übersichtstabelle)
TO9	Informationsoffensive Klima starten	194 (Übersichtstabelle)
TO10	Förderung des Umweltverbunds und Optimierung des Verkehrsmanagements	194 (Übersichtstabelle)
Handlungsfeld Gesundheit		
GE1	Hitzeberatung „HeatScout“ einrichten	185
GE2	„Kühlstuben“ (Hitzeentlastungsräume) einrichten	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden
GE3	Warndienste stärken	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden



M-Nr.	Maßnahme	Ausführungen s. Seite
GE4	Medizinische Kompetenzbildung Tropenkrankheiten	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden
GE5	VASS-Bekämpfung beginnen	185
GE6	Grundlagenforschung zu Vektoren	194 (Übersichtstabelle)
GE7	Arbeitsschutz für Personen in Außenberufen	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden
GE8	Programm zur Verbesserung des Raumklimas für kleine und mittlere Unternehmen (KMU)	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden
GE9	Naevi-Screening fördern	194 (Übersichtstabelle)
GE10	Aufklärung zur klimaangepassten Verhaltensweise	194 (Übersichtstabelle)
GE11	Darstellung des Zusammenhangs zwischen Klimawandel und Luftschadstoffen	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden
Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung		
SR1	Sicherung großräumig übergreifender Freiraumstrukturen	194 (Übersichtstabelle)
SR2	Erhalt und Schaffung eines Flächenverbunds zur thermischen Entlastung im Stadtraum	194 (Übersichtstabelle)
SR3	Dichtekonzeption zur Sicherung der Durchlüftung und anderer stadtoökologischer Qualitäten	195 (Übersichtstabelle)
SR4	Beachtung der Durchlüftung bei der Festsetzung baulicher Anlagen	195 (Übersichtstabelle)
SR5	Begrünung von Flächen sowie Dächern und Fassaden baulicher Anlagen	195 (Übersichtstabelle)
SR6	Soziodemografische und klimatische Kartierung zur Erfassung von Risikogebieten für gesundheitliche Hitzebelastung	187
SR7	Verschattung und Kühlung im öffentlichen Raum	195 (Übersichtstabelle)
SR8	Stärkere Berücksichtigung des Klimawandels bei Raumordnungsverfahren	195 (Übersichtstabelle)
SR9	Durchführung von Stadtumbaumaßnahmen zur klimaangepassten Siedlungsentwicklung	195 (Übersichtstabelle)
SR10	Erhöhung der Anpassungsbereitschaft der an der Planung beteiligten Akteurinnen und Akteure	187
Handlungsfeld Wirtschaft und Energiewirtschaft		
WI1	Bewusstseinsbildung und Wissenstransfer	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden
WI2	Umsetzungskampagne starten	kann derzeit nicht erhoben / beurteilt werden
WI3	Verbesserung der Datenlage	188



Umsetzungsstand wesentlicher Querschnittsmaßnahmen

VERMITTLUNG DES WISSENSTANDS ZU KLIMAFOLGEN UND ANPASSUNG, FÖRDERUNG VON VORBEREITUNGS- UND ANPASSUNGSMASSNAHMEN

Seit 2010 besteht das ressortübergreifende Programm „Klimawandel und modellhafte Anpassung Baden-Württemberg“ (KLIMOPASS). Mit diesem Programm unterstützte das Land zunächst Projekte zur angewandten Forschung sowie zur modellhaften Umsetzung erster Anpassungsmaßnahmen. Nach einer Evaluierung des Programms im Jahr 2016 wurde es neu ausgerichtet und in Form einer Förderrichtlinie auf die Anpassungsstrategie abgestimmt. Das weiterentwickelte Förderprogramm ist seit Mitte März 2018 in Kraft und gibt seither einen wichtigen Impuls zur Umsetzung insbesondere derjenigen Maßnahmen der Anpassungsstrategie, die nicht im (direkten) Zuständigkeitsbereich des Landes liegen.

Seit Beginn des Programms konnten über 120 Projekte mit einem Finanzvolumen von knapp acht Millionen Euro gefördert werden. Weiterhin stehen jährlich etwa eine Millionen Euro an Fördermitteln zur Verfügung.

Das Programm in seiner derzeitigen Ausgestaltung richtet sich insbesondere an Kommunen, aber auch an kleine und mittlere Unternehmen in Baden-Württemberg. Es umfasst drei Säulen. Zum einen werden Beratungen und Schulungen zur Wissensvermittlung gefördert, damit das Thema Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Baden-Württemberg flächendeckend verankert wird. Daneben werden Vorbereitungsmaßnahmen, insbesondere für spätere Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Stadt- und Raumplanung, wie die Erstellung von Klimanalysen, Verwundbarkeitsuntersuchungen oder Machbarkeitsstudien unterstützt. Zu-

letzt werden verschiedene investive Maßnahmen im Bereich des Hitzeschutzes sowie zur Umsetzung von Modellprojekten gefördert.

SENSIBILISIERUNG DER RELEVANTEN AKTEURINNEN UND AKTEURE

Um die relevanten Akteurinnen und Akteure hinsichtlich des Themas Anpassung an die Folgen des Klimawandels weiter zu sensibilisieren, fanden auch in der Folge des letzten Monitoringberichts aus dem Jahr 2017 weitere Veranstaltungen statt. Zudem wurde eine Umfrage zum Klimawandel und der Anpassung in Kommunen durchgeführt.

- Am 27. Februar 2018 führte die Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg zusammen mit dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft sowie der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg das Seminar „Anpassung an den Klimawandel – Beispiele aus dem Programm KLIMOPASS“ durch. Die 50 Teilnehmenden vertraten insbesondere Kommunen, aber auch weitere Institutionen aus der Verwaltung und Wissenschaft. Schwerpunktmäßig ging es um die Folgenabschätzung des Klimawandels, um planerische Maßnahmen zur Schadensminimierung, die Rolle der Akteurinnen und Akteure sowie Planungsstrategien zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels.
- Anlässlich des einjährigen Bestehens der Förderrichtlinie KLIMOPASS veranstaltete das Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz zusammen mit der LUBW am 25. März 2019 die Konferenz „Stadt, Land, Wasser – Leben im Zeichen des Klimawandels“. An der Veranstaltung nahmen 120 Vertreterinnen und Vertreter aus Politik, Landesverwaltung, Kommunen, Wirtschaft und Wissenschaft teil. Der Fokus der Ver-



anstellung lag auf Themen von kommunalem Interesse. Neben dem aktuellen Stand in Politik und Wissenschaft im Bereich Klimawandel und Anpassung wurden den Teilnehmenden die Ergebnisse aus kürzlich zuvor abgeschlossenen KLIMOPASS-Projekten vorgestellt. Die Veranstaltung diente damit dem Erfahrungsaustausch und soll zusätzliche Akteurinnen und Akteure (insbesondere Kommunen) zu weiteren Tätigkeiten im Bereich Anpassung animieren.

- Im Rahmen der Veranstaltungsreihe „klimaschutz konkret“ der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA) fanden in Zusammenarbeit mit der Energieagentur Regio Freiburg (EARF) am 2. Juli 2019 und mit der Energieagentur Kreis Ludwigsburg (LEA) am 9. Oktober 2019 die Veranstaltungen „Klimawandel – wie können sich Kommunen vorbereiten?“ statt. Diese richteten sich an kommunale Akteurinnen und Akteure der beiden Regionen und sensibilisierten diese zum einen für die landesweiten Klimaszenarien und das Thema Anpassung im Allgemeinen. Zum anderen wurden konkrete Umsetzungsmöglichkeiten in Form von „best practice“-Beispielen der Städte Heidelberg und Ludwigsburg sowie die Förderungs-

möglichkeiten durch KLIMOPASS vorgestellt.

- Im Sommer 2019 wurde von der LUBW eine landesweite Umfrage auf kommunaler Ebene durchgeführt. Neben der Nutzung der Informationen aus der Umfrage zur Optimierung von Anpassungsmaßnahmen ging es auch darum, das Bewusstsein für die Thematik bei Kommunen weiter zu schärfen und die kommunale Motivation zu stärken. Die Ergebnisse wurden unter dem Titel „Wie kommt der Klimawandel bei Kommunen an?“ im Januar 2020 als Publikation der LUBW veröffentlicht. In den 250 Antworten aus Kommunen und Kreisen Baden-Württembergs ist deutlich das steigende Bewusstsein für die Thematik zu erkennen. Über 95% der Befragten bemerken bereits heute Veränderungen in verschiedenen Handlungsfeldern, insbesondere in den Bereichen Wald und Forstwirtschaft, Wasserhaushalt und Landwirtschaft. Die Aufmerksamkeit ist dabei in großen Kommunen wesentlich ausgeprägter als bei kleineren. Erfreulich ist, dass ein Großteil der befragten Kommunen Anpassungsmaßnahmen plant oder bereits ausführt. Allerdings befinden sich derzeit viele noch am Anfang der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen.



Umsetzungsstand wesentlicher Maßnahmen der Ressorts

Nachfolgend sind beispielhaft einige Anpassungsmaßnahmen der verschiedenen Handlungsfelder sowie die Fortschritte in deren

Umsetzung beschrieben. Eine Übersichtstabelle im Anschluss stellt weitere Maßnahmen kurz dar.

Wald und Forstwirtschaft

Die grundlegenden Ziele der Anpassungsstrategie gegenüber dem Klimawandel sind durch das Landeswaldgesetz Baden-Württemberg vorgegeben. Hauptziele sind die Walderhaltung sowie die Erfüllung der vielfältigen Funktionen des Waldes auch unter sich ändernden klimatischen Bedingungen. Nachgeordnete Ziele ergeben sich aus den im Landeswaldgesetz beschriebenen multifunktionalen Wirkungen der Waldbestände:

- Nutzfunktion: Nachhaltige Produktion von Holz- und Nichtholzprodukten
- Schutzfunktion: Klima, Wasser, Luft, Boden, Landschaftsbild, Artenschutz
- Erholungsfunktion für die Bevölkerung

FW1: ENTWICKLUNG VON METHODEN ZUR DYNAMISIERUNG DER BAUMARTENEIGNUNGSBEURTEILUNG

Die Baumarteneignungsbeurteilung soll eine Informationsgrundlage schaffen, um abzuschätzen, welche Baumarten wie gut an den Klimawandel angepasst sind. Damit können passende Baumarten ausgewählt werden.

Die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) Baden-Württemberg hat hierzu im Jahr 2019 neue landesweite Karten der Baumarteneignung erstellt und veröffentlicht. Diese Karten liegen für Wälder vor, in denen die Eingangsdatengrundlage „Standorts-

kartierung“ existiert (circa 1 Million Hektar von circa 1,3 Millionen Hektar Gesamtwald).

Zusätzlich zu diesen Karten, die die langfristige Planungsdimension für die Waldentwicklung unterstützen, wurden sogenannte Vulnerabilitätskarten erstellt, in denen flächendeckend für alle Wälder diejenigen Waldgebiete identifiziert sind, die aktuell besonders durch den Klimawandel bedroht sind. Grundlage hierfür sind Einschätzungen der natürlichen Mortalitätsrisiken von Bäumen wie Wasserstress und Dürre, Borkenkäferbedrohung, Sturmschäden und Baumartenarealmodelle.

Diese Karten existieren bisher erst für die vier häufigsten Baumarten in Baden-Württemberg (Fichte, Buche, Weißtanne, Traubeneiche). Deshalb sind für weitere, insbesondere zukunftsfähige Baumarten, detaillierte Abschätzungen der Eignung zu erarbeiten.

Bei der Maßnahme handelt es sich um eine langfristig angedachte Daueraufgabe, die zur dauerhaften Sicherung der vielfältigen Funktion von Wäldern unter dem sich ändernden Klima beiträgt. Die Umsetzungskosten der Maßnahme belaufen sich auf rund 560.000 Euro für Sachmittel sowie rund 350.000 Euro Personalkosten im Zuge der Forschungsarbeiten.

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Referat 52) zuständig.



Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

FVA

Profiteurinnen und Profiteure

ForstBW AöR, Waldbesitzende, forstliche Vereinigungen, Interessenverbände, Gesellschaft

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-FW-1 Gefährdete Fichtenbestände
- I-FW-3 Schadholzaufkommen nach Schadensursachen
- I-FW-4 Befall durch Borkenkäfer
- R-FW-2 Förderung und Finanzierung des Waldumbaus
- R-FW-3 Angepasste Verjüngungsbestände
- R-FW-4 Anpassungsspezifische Aus- und Fortbildung

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Naturschutz und Biodiversität
- Boden

FW2: ENTWICKLUNG EINES BERATUNGSKONZEPTS FÜR WALDBESITZERINNEN UND -BESITZER

Die Geschwindigkeit der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen ist, insbesondere im privaten Waldbesitz, sehr heterogen. Auch beim Forstpersonal herrscht vielfach noch ein unterschiedliches Verständnis und ein variabler Kenntnisstand über Notwendigkeit, Art und Weise der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen. Insofern ist eine breit angelegte und auf Langfristigkeit abzielende Bewusstseinsbildungs- und Informationskampagne erforderlich. Da das erforderliche Spezialwissen bisher nicht oder nur eingeschränkt zum Lehrangebot aller forstlichen Ausbildungseinrichtungen gehört, sind hierfür speziell ausgebildete Kräfte erforderlich, die die Übungsschwelle in den Beratungsthemen durch kontinuierliche Befassung mit dem Thema und Anwendung der spezifischen Methoden erreichen.

Hierzu ist seit dem Jahr 2014 eine Kampagne etabliert, die derzeit unter Projektförderung durch den Waldklimafonds umgesetzt wird. Die Kampagne umfasst unter anderem Vorträge, Schulungen, Ausbildungsveranstaltungen,

Dialogveranstaltungen sowie praktische Unterstützung im Bereich Krisen- und Risikomanagement.

Das Projekt wird mit mehreren Partnern in Deutschland umgesetzt und von der FVA geleitet. In Baden-Württemberg ist insbesondere die Teilnahme der Forstkammer von Bedeutung. Das Projekt unter dem Namen Kompetenznetzwerk Klimawandel, Krisenmanagement und Transformation von Waldökosystemen (KoNeKKTiW) hat in bisher über 250 Maßnahmen in Baden-Württemberg verschiedene spezifische Angebote für unterschiedliche Zielgruppen umgesetzt. In den Jahren 2018 und 2019 wurde unter anderem praktische Unterstützung bei Entwicklung von Krisenmanagementkonzepten für die Bewältigung der Dürre/Borkenkäfer-Krise geleistet.

Das Projekt ist durch die Finanzierung des Waldklimafonds derzeit selbsttragend, dieses ist jedoch nicht dauerhaft sichergestellt und hängt von der weiteren Finanzierung durch den Waldklimafonds ab. Insbesondere die Beratung im Bereich Risiko- und Krisenmanagement ist langfristig angedacht. Aufgrund der Natur des



Projekts (Bewusstseinsbildung, Information und praktische Hilfe) handelt es sich um eine No-Regret-Maßnahme.

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz zuständig.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

FVA

Profiteurinnen und Profiteure

Waldbesitzende, forstliche Vereinigungen, Interessenverbände

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-FW-1 Gefährdete Fichtenbestände
- I-FW-3 Schadholzaufkommen nach Schadensursachen
- I-FW-4 Befall durch Borkenkäfer
- I-FW-5 Waldbrandgefährdung und Waldbrand
- R-FW-4 Anpassungsspezifische Aus- und Fortbildung

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Naturschutz und Biodiversität
- Boden
- Wasserhaushalt
- Wirtschaft

FW3 MONITORING VON SCHADORGANISMEN

Die FVA, Abteilung Waldschutz, überwacht derzeit im Auftrag der Forstverwaltung fortlaufend die für die Wälder in Südwestdeutschland relevanten heimischen und gebietsfremden Schaderreger. Auf dieser Grundlage erstellt sie Prognosen zur Schädlingsentwicklung und informiert die Öffentlichkeit. In Verknüpfung mit Forschungsergebnissen werden daraus Entscheidungshilfen sowie präventive und kurative Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Die im Rahmen der gesetzlichen Quarantäneregelungen im Wald durchzuführende Prävention der Einschleppung, Einwanderung und Etablierung gebietsfremder Schaderreger erfolgt in Zusammenarbeit mit den Pflanzenschutzdiensten. Die FVA, Abteilung Waldschutz, überwacht neu auftretende Schadorganismen, die durch Quarantänevorschriften der EU und des Deutschen Pflanzenschutzdiens-

tes geregelt sind, und berät die Forstdienststellen, wie die Ausbreitung der neuen Schaderreger gebremst oder verhindert werden kann. Sie betreibt einen Warndienst als rasche Informationsquelle über akute Gefährdungen durch Forstschädlinge für die Forstverwaltungen und Waldbesitzenden, und ist zuständig für die entsprechende Aus- und Fortbildung von Forstpersonal. Eine weitere gesetzlich geregelte Aufgabe in diesem Zusammenhang ist die Amtliche Prüfung von Pflanzenschutzmitteln gemäß Pflanzenschutzgesetz (§ 15 und § 18 PflSchG), die im Wald eingesetzt werden.

Das Monitoring ist grundlegend für den Erhalt und die Verbesserung der Beratung der Waldbesitzenden in Bezug auf die Erhaltung der Waldgesundheit.

Die Maßnahme sichert den Wald als Kohlendioxid-Speicher und wirkt sich daneben positiv auf den Natur-, Boden-, Wasser- und Lärmschutz aus.



Die Kosten der Maßnahme belaufen sich jährlich auf circa 350.000 Euro.

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz zuständig.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

FVA, Untere Forstbehörden, Gesundheitsbehörden

Profiteurinnen und Profiteure

Waldbesitzende, Gesellschaft

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- 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 Mischwald
- R-FW-4 Anpassungsspezifische Aus- und Fortbildung
- R-FW-5 Zweckgebundene Rücklagen zur Risikominimierung
- R-FW-6 Erhaltung forstgenetischer Vielfalt

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Naturschutz und Biodiversität
- Gesundheit; GE 5
- Landwirtschaft; LW 3
- Boden
- Wirtschaft

FW6 WALDBAULICHE MASSNAHMEN ZUR VERRINGERUNG KLIMAWANDELBEDINGTER RISIKEN

Waldbauliche Maßnahmen zur Verringerung klimawandelbedingter Risiken müssen sich an der konkreten Situation (Bestandsverhältnisse, Standortsverhältnisse, Ziele der Eigentümerinnen und Eigentümer) sowie der im Klimawandel zu erwartenden Entwicklung orientieren. Die eine waldbauliche Maßnahme gibt es daher nicht. Waldbauliche Maßnahmen lassen sich nach der Entwicklungsphase der Wälder wie folgt kategorisieren:

- **Wachstumsphase:** Regelmäßig wiederkehrende, gestaffelte Durchforstungen verbessern die Verfügbarkeit von Bodenwasser, fördern die Vitalität der Bäume und sind Voraussetzung für die gezielte Erhaltung (noch) konkurrenzunterlegener, im Klimawandel aber zukunftsfähiger Baumarten in Mischungen.

- **Reifungsphase:** In besonders risikodisponierten Beständen sollten die Entwicklungsziele so angepasst werden, dass das Risiko begrenzt bleibt. Zielführend sind dabei die Begrenzung der Bestandeshöhe, der Zielstärke und des Vorrats. Diese Bestände bieten zudem beste Ansatzpunkte für einen frühzeitigen Umbau in zukunftsstabile Folgebestände.
- **Verjüngungsphase:** Bei der Verjüngung ist darauf zu achten, dass die entstehenden Mischbestände in ausreichendem Umfang im Klimawandel für zukunftsfähig eingeschätzte Baumarten enthalten. Solche Baumarten sind daher – besonders bei Konkurrenzunterlegenheit – in Naturverjüngungen gezielt zu erhalten und zu fördern bzw. in ausreichendem Umfang zu pflanzen.





Die Richtlinie landesweiter Waldentwicklungstypen (WET-RL) setzt die allgemeinen Grundsätze naturnaher Waldwirtschaft dieser Maßnahme um. Die Richtlinie ist seit dem 01.04.2014 im Staatswald verbindlich eingeführt und wird dem kommunalen Wald im Rahmen von freiwilligen Beratungs- und Betreuungsleistungen angeboten. Die Umsetzung wird durch Schulungsangebote wie das Waldbautraining des Fachbereichs Waldbau, Waldschutz, Klimawandel am Regierungspräsidium Freiburg konsequent unterstützt. Fortlaufend werden dort waldbauliche Strategien für eine funktionengerechte Bewirtschaftung der Wälder entwickelt sowie standortkundliche und waldbauliche Planungsgrundlagen für die im Abstand von zehn Jahren stattfindenden

Forstbetriebsplanungen erarbeitet. Die FVA leitet aus der forstlichen Standortkartierung Baumarteneignungstabellen ab und gibt mit den Herkunftsempfehlungen Informationen zu anpassungsfähigem Vermehrungsgut. Die Staatsklunge Nagold unterstützt die Waldverjüngung durch die Bereitstellung von qualitativ hochwertigem und herkunftsgesichertem Saatgut und Pflanzen.

Die Maßnahme ist langfristig und flächendeckend angedacht und wird fortlaufend umgesetzt.

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz zuständig.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

ForstBW AöR, FVA und Waldbesitzende

Profiteurinnen und Profiteure

Waldbesitzende

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-FW-1 Gefährdete Fichtenbestände
- I-FW-2 Holzzuwachs
- I-FW-3 Schadholzaufkommen nach Schadensursachen
- I-FW-4 Befall durch Borkenkäfer
- R-FW-1 Mischwald
- R-FW-2 Holzzuwachs
- R-FW-3 Angepasste Verjüngungsbestände
- R-FW-6 Erhaltung forstgenetischer Vielfalt

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Naturschutz und Biodiversität
- Boden
- Wasserhaushalt

FW9 PFLEGEMASSNAHMEN ZUR STABILISIERUNG BESONDERS DURCH DEN KLIMAWANDEL BEDROHTER LEBENSÄUME

Das Auerhuhn gilt einerseits als Schirmart für Biodiversität und andererseits als sehr sensibel im Hinblick auf den Klimawandel, da der Schwerpunkt der Verbreitung in winterkalten Gebieten mit kurzer Vegetationsperiode liegt. Neuere Untersuchungen haben

aber auch ergeben, dass die Folgen des Klimawandels zumindest teilweise durch entsprechende Habitatpflege kompensiert werden können, insbesondere durch die Anlage von Freiflächen. Die Auswirkung der Schaffung dieser Freiflächen auf andere sensible Arten und Artengruppen der Hochlagen-Artengemeinschaft, für die das Auerhuhn als Schirmart gilt, wird derzeit untersucht. Als Basis für die Erhaltung dieser gefährdeten Art



wurde 2008 ein Aktionsplan Auerhuhn (APA) erstellt, der auf der Grundlage eines wissenschaftlich hergeleiteten Flächenkonzepts alle relevanten Handlungsfelder enthält (Waldwirtschaft, Jagd, Tourismus, Infrastruktur bzw. Windenergie, Forschung) und umzusetzende Maßnahmen benennt. Derzeit wird eine Evaluierung des APA und seiner Umsetzung vorgenommen, deren Ergebnisse Anfang 2020 vorliegen werden. Aus diesen Ergebnissen werden auch die prioritären Maßnahmen abgeleitet, die bis 2025 umgesetzt sein müssen.

In den Jahren 2018 bis mindestens 2021 werden zudem im Rahmen des Sonderprogramms zur Erhaltung der biologischen Vielfalt Maßnahmen zugunsten der Art umgesetzt.

Die Maßnahme fokussiert sich auf die Hochlagen des Schwarzwaldes und ist dauerhaft angelegt.

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz zuständig.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Forst- und Jagdbehörden

Profiteurinnen und Profiteure

Waldbesitzende, Gesellschaft

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- R-FW-2 Förderung und Finanzierung des Waldumbaus
- R-FW-3 Angepasste Verjüngungsbestände
- R-FW-4 Anpassungsspezifische Aus- und Fortbildung

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Naturschutz und Biodiversität

Im Rahmen der Pflegemaßnahmen zur Stabilisierung besonders durch den Klimawandel bedrohter Lebensräume wird derzeit zum Schutz der vulnerablen Moorlandschaften in Kooperation zwischen Natur- und Forstverwaltung die Moorschutzkonzeption umgesetzt. Als ein Teil dieses Instrumentenkastens wird das „Handbuch Moorschutz“ unter anderem Hinweise zur fachgerechten Pflege und Renaturierung von Mooren geben. Die Gesamtkonzeption Waldnaturschutz greift in ihrem Ziel 5 „Schutz nasser Wälder“ diesen Aspekt prominent auf, denn die Waldmoore mit ihren Moor- und Bruchwäldern nehmen eine besondere Stellung innerhalb der Moorschutzbemühungen ein. In drei Pilot-Renaturierungsprojekten in Oberschwaben setzt ForstBW AöR beispiel-

haft ein Vorgehen bei sehr verschiedenen Ausgangsvoraussetzungen um. Daneben berät die FVA die Forstbehörden bei Wiedervernässungsprojekten, Moorschutzmaßnahmen sowie anderen moorrelevanten Themen und bietet entsprechende Fortbildungen für forstliche Praktiker an. Ergänzend forschen die FVA gemeinsam mit dem Bayerischen Amt für Waldgenetik (ehemals Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht Teisendorf) zur in Süddeutschland endemischen und rückgängigen Baumart Moor-Bergkiefer (Rote Liste Kategorie 3), eine künftige Waldzielart. Weitere Forschung zur Lebensraumfunktion von lichten Moor- und Bruchwäldern ist in Vorbereitung. Im Katalog der Waldzielarten, ein weiteres Ergebnis der Gesamtkonzeption Waldnatur-





schutz, sind 20 moortypische Tier- und Pflanzenarten aufgenommen worden, deren Schutz ab 2020 über ein Artenmanagementkonzept sichergestellt werden soll.

Die Maßnahme fokussiert sich auf die Hochlagen des Schwarzwaldes, Baar sowie Oberschwaben und ist dauerhaft angelegt.

Auf Ministerialebene sind das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz sowie das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft zuständig.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

ForstBW AöR, FVA

Profiteurinnen und Profiteure

Waldbesitzende, Forstliche Vereinigungen

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-FW-1 Gefährdete Fichtenbestände
- I-FW-4 Befall durch Borkenkäfer
- R-FW-2 Förderung und Finanzierung des Waldumbaus
- R-FW-3 Angepasste Verjüngungsbestände
- R-FW-4 Anpassungsspezifische Aus- und Fortbildung
- R-FW-6 Erhaltung forstgenetischer Vielfalt

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Naturschutz und Biodiversität; NA4
- Wasserhaushalt

Landwirtschaft

Landwirtschaftsbetriebe reagieren schon immer auf sich verändernde Klima- und Witterungsbedingungen. Extrem heiße und trockene Witterungsperioden sowie Starkregen- oder Hagelereignisse stellen die Landwirtschaft vor große Herausforderungen. Auf der anderen Seite verlängert sich die Vegetationsperiode. Insofern muss auch die Landwirtschaft durch geeignete Anpassungsmaßnahmen auf diese Probleme reagieren und die sich bietenden Chancen nutzen, um den weltweit steigenden Bedarf an Nahrungsmitteln weiterhin decken zu können.

LW1 KONSERVIERENDE BODENBEARBEITUNG ANWENDEN UND AUSDEHNEN

Die Bedeckung des Bodens mit Mulch (Pflanzen- und Ernteresten) und eine höhere Aggregatstabilität des Oberbodens mildern die erosive Kraft der Niederschläge ab. Zudem bewirkt die Mulchbedeckung aufgrund der verminderten Verdunstung eine Schonung der Bodenwasservorräte. Eine reduzierte Bodenbearbeitung schont überdies das Bodenleben, vor allem tiefgrabende Regenwürmer.

Die Anwendung von Mulch- und Direktsaatverfahren bietet somit viele Vorteile und sollte insbesondere auf erosionsgefährdeten Flächen erfolgen. Ob die Maßnahme in das



Bewirtschaftungskonzept der Betriebsleitung passt, hängt vom Standort, den angebauten Kulturarten, der Ausrichtung des Betriebs und den notwendigen Investitionen ab. In erosionsgefährdeten Gebieten wie dem Kraichgau ist pfluglose Bewirtschaftung bereits sehr verbreitet. Allerdings können der Unkrautdruck und der Infektionsdruck durch

Fusarienpilze durch die Anwendung von konservierender Bodenbearbeitung zunehmen.

Die Maßnahme ist flächendeckend und auf Dauer angelegt.

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz zuständig.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

Untere Landwirtschaftsbehörden

Profiteurinnen und Profiteure

Landwirtinnen und Landwirte, benachbarte Grundstückseigentümerinnen und -eigentümer, Gesellschaft

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-LW-2 Ertragsschwankungen
- I-LW-3 Qualität von Ernteprodukten

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Naturschutz und Biodiversität
- Boden
- Wasserhaushalt

LW2 FRUCHTFOLGE ERWEITERN UND VERSCHIEDENE SORTEN PRO KULTURART ANBAUEN

Das Anbaurisiko steigt im Zuge des Klimawandels aufgrund der größeren Variabilität der Witterung innerhalb eines Jahres und zwischen den Jahren sowie durch extreme Witterungsereignisse wie Hitzeperioden, Trockenheit, Starkniederschläge oder warme Winter mit Kaltlufteinbrüchen. Ziel der Maßnahme ist es daher, das Anbaurisiko durch eine mehrgliedrige Fruchtfolge zu streuen.

Für die Ausweitung des Kulturartenspektrums liefern die Maßnahmen im Agrarumweltprogramm FAKT geeignete Anreize (Maßnahme A1 „Fruchtartendiversifizierung (mind. 5-gliedrige Fruchtfolge)“ und Maßnahmenpaket D.2 „Ökolandbau“).

Agrarökonomische Berechnungen deuten darauf hin, dass sich vielfältigere Fruchtfolgen ökonomisch lohnen können, wenn mehrjährige Ergebnisse und damit die gesamte Fruchtfolge durchgerechnet werden. Dies gilt vor allem dann, wenn bereits pflanzengesundheitliche Probleme auftauchen. Die Auswahl verschiedener, angepasster Sorten reduziert zusätzlich das Anbaurisiko. Die Landessortenversuche liefern wertvolle Erkenntnisse für die Sortenwahl und werden bei der Beratung der Landwirtinnen und Landwirte berücksichtigt.

Die Maßnahme ist flächendeckend und auf Dauer angelegt.

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz zuständig.





Dringlichkeit

Mittel

Akteurinnen und Akteure

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ)

Profiteurinnen und Profiteure

Landwirtschaftliche Unternehmen, Gesellschaft

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-LW-2 Ertragsschwankungen
- I-LW-4 Schaderregerbefall
- R-LW-3 Fruchtartendiversifizierung

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Naturschutz und Biodiversität
- Boden
- Wasserhaushalt

LW3 ETABLIERTE UND NEU AUFTRETENDE SCHADERREGER ÜBERWACHEN UND VORSORGETREFFEN

Aufgrund der zunehmend höheren Temperaturen ist mit der Zuwanderung bzw. Etablierung neuer, bisher unbekannter Schadorganismen zu rechnen. Das Schadenspotenzial und deren Verbreitung soll rechtzeitig erkannt werden. Dabei sind verschiedene Auswirkungen durch invasive Arten zu unterscheiden:

- die Gefährdung der pflanzlichen Produktion sowie das Verursachen von Ertrags- und Qualitätsverlusten (zum Beispiel Asiatischer Laubholzbockkäfer): Dieser Bereich ist in der Pflanzengesundheitsverordnung der EU Nr. 2016/2031 geregelt und liegt im Zuständigkeitsbereich des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz.
- die Gefährdung des Naturhaushalts und der Biodiversität (zum Beispiel Beifußblättriges Traubenkraut/Ambrosia): Dies ist in der Invasive Arten Verordnung der EU Nr. 1143/2014 geregelt, für die das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft zuständig ist.
- die Gefährdung der menschlichen und Tiergesundheit (zum Beispiel Tigermücke): Hierfür ist die Veterinärverwaltung am Mi-

nisterium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz zuständig.

Im Bereich der Pflanzengesundheit wird das Auftreten neuer und etablierter Schaderreger (Frühwarnsystem) durch das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) in Zusammenarbeit mit den Weinbauanstalten, den Regierungspräsidien und den Unteren Landwirtschaftsbehörden überwacht. Die Landwirtschaft wird mittels Prognosen zum Schaderregerauftreten und der Vermittlung geeigneter Abwehrmaßnahmen durch den Pflanzenschutzdienst im Land beraten.

Aufgrund dieser Maßnahme kommt es generell zu einer verstärkten Überwachung von Schaderregern für die Pflanzenproduktion. Daher werden auch solche, die nicht durch den Klimawandel begünstigt werden, identifiziert.

Die Maßnahme wird im Bereich der Pflanzengesundheit bereits flächendeckend umgesetzt. Das Projekt Prog/Ramm (Proaktive pflanzengesundheitliche Risikoanalyse durch Modellierung und Monitoring: Anpassung an langfristige Risiken durch klimasensitive Schadorganismen) des LTZ hat zum Ziel, die Ausbreitung von invasiven Schadinsekten in Deutschland zu ermitteln und eine Risikoanalyse durchzuführen. Für ein breites Spektrum



an Schadorganismen soll ein übertragbares Modellgrundgerüst (Modellframework) entwickelt werden, das sowohl die heutigen klimatischen Bedingungen als auch die Auswirkungen

gen des Klimawandels berücksichtigt und die Verfügbarkeit von Wirtspflanzen einbezieht.

Die Maßnahme ist auf Dauer angelegt.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

LTZ, Weinbauinstitut Freiburg (WBI), Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau (LVVO)

Profiteurinnen und Profiteure

Land- und forstwirtschaftliche Betriebe, Verbraucherinnen und Verbraucher

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-LW-3 Qualität von Ernteprodukten
- I-LW-4 Schaderregerbefall
- R-LW-1 Anbau wärmeliebender Ackerkulturen
- R-LW-2 Anbau wärmeliebender Sorten
- R-LW-3 Fruchtartendiversifizierung

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Gesundheit; GE 5
- Wald und Forstwirtschaft; FW 3
- Naturschutz und Biodiversität

LW6 BEWÄSSERUNG AUFBAUEN UND VERFAHREN OPTIMIEREN

Die ausgeprägten Trockenheitsphasen in den Sommerhalbjahren 2003, 2015 oder 2018 zeigten eindrucksvoll die Zunahme von klimawandelbedingten Wetterextremen. Dies wird auch in Baden-Württemberg zu einem vermehrten Wasserbedarf und einer Zunahme der Nutzungskonkurrenz zwischen Landwirtschaft und anderen Wassernutzenden sowie des Bedarfs an Handlungsalternativen führen. Zur Planung von zukunftsgerechten Anpassungsmaßnahmen in Form von Strategien für den Bewässerungslandbau wurde zwischen 2016 und 2018 das KLIMOPASS-Projekt Bewässerungs-Prognose Baden-Württemberg (BeProBW) durch die Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau (LVG) Heidelberg, das Institut für Landtechnik der Universität Hohenheim und weitere Akteurinnen und Akteure durchgeführt. Dazu wurde ein Prognosewerkzeug auf Basis einer interaktiven Webanwendung und von Kartenwerken im Rahmen von drei Arbeitspaketen entwickelt, getestet und publiziert.

Um eine unbefristete Verfügbarkeit und die praktische Relevanz des BeProBW-Prognosewerkzeugs zu gewährleisten, wurden im Rahmen von Interviews, eines Workshops und eines Praxistests zentrale Anregungen gegeben. Demnach ist der dauerhafte Zugang zu dem webbasierten Prognoseinstrument sicherzustellen, indem Vereinbarungen mit dem Land Baden-Württemberg getroffen werden, welche die Ansiedlung und Betreuung des Webdienstes regeln. Einhergehend damit sollte das Programm zu einem System für Fachleute ausgebaut werden, indem eine stetige Erweiterung sowie Verbesserung der Datenbasis im System stattfindet und somit ein institutionsübergreifendes, das heißt landeseinheitliches System zur Bewertung des Bewässerungsbedarfs bei Planungen und Genehmigungsverfahren etabliert wird.

Die Maßnahme wirkt flächendeckend.

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz zuständig.





Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

LVG, LUBW

Profiteurinnen und Profiteure

Landwirtschaftliche Betriebe

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-LW-3 Qualität von Ernteprodukten
- R-LW-4 Landwirtschaftliche Beregnung

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Wasserhaushalt
- Naturschutz und Biodiversität

LW7 SORTENSPEKTRUM ANPASSEN

Das Staatliche Weinbauinstitut Freiburg (WBI) forscht an der Züchtung und Etablierung neuer robuster Rebsorten (Piwis). Hierbei liegt der Schwerpunkt auf Neuzüchtungen, welche gegen die wichtigsten Krankheiten eine Toleranz aufweisen. Mit diesen Sorten ist es möglich, circa 50% Pflanzenschutzmittel einzusparen. Zum Teil reifen die Sorten später und sind daher auch im Hinblick auf die veränderten klimatischen Gegebenheiten vorteilhaft.

Die LVG Heidelberg führt ein Sortenscreening auf hitzetolerante Zierpflanzen-, Stauden- und Gemüsesorten sowie seit September

2019 auf bestäuberfreundliche Zierpflanzen- und Staudensorten durch. Das LTZ prüft Pflanzenzüchtungen und Sorten auf ihre klimawandelangepasste Anbaueignung. Aus den Landessortenversuchen kristallisieren sich die an die jeweiligen klimatischen und Bodenverhältnisse angepassten Sorten heraus. Die Ergebnisse werden regelmäßig bekannt gemacht und fließen in die Beratung ein. Die Anwendung der Erkenntnisse erfolgt flächendeckend und sollte sich über den Erfolg selbst tragen.

Die Maßnahmen sind langfristig angedacht. Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz zuständig.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

WBI, LVG, LTZ

Profiteurinnen und Profiteure

Landwirtschaftliche Betriebe, Verbraucherinnen und Verbraucher

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-LW-1 Blüte von Winterraps
- I-FW-2 Ertragsschwankungen
- I-LW-3 Qualität von Ernteprodukten
- I-LW-4 Schaderregerbefall
- R-LW-2 Anbau wärmeliebender Sorten
- R-LW-3 Fruchtartendiversifizierung

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Wasserhaushalt
- Naturschutz und Biodiversität



LW9 INTENSIV GENUTZTES GRÜNLAND GEZIELT VERBESSERN

Ziel der Maßnahme ist es einerseits, dichte und leistungsfähige Grünlandbestände zu erhalten, um eingesetzte Düngemittel mit möglichst hoher Effizienz auszunutzen. Des Weiteren ist es häufig notwendig, unzureichende Grünlandbestände zum Beispiel nach periodisch auftretenden Trockenphasen wieder zu verbessern, um Futtererträge zu stabilisieren. Hinzu kommt, dass auch intensiv genutzte Bestände im Rahmen der Biodiversitätsstrategie zur Verbesserung des Blütenangebotes mit Leguminosen verbessert werden sollen. Das Landwirtschaftliche Zentrum (LAZBW) Aulendorf prüft in diesem Zusammenhang seit mehreren Jahren in Exaktversuchen mehrere Leguminosenmischungen bei differenzierter Düngungshöhe und zudem seit 2019 Leguminosenmischungen auf 16 On-farm-Versuchen in Baden-Württemberg.

Zur Thematik der Grünlandverbesserung und der Etablierung von Leguminosen unter anderem zur Reparatur des Grünlandes nach Trockenschäden werden Vorträge gehalten sowie Einzelberatungen durchgeführt. Zudem ist ein neues Merkblatt zu den Methoden der Grünlandverbesserung erschienen. Die Ergebnisse wurden sowohl für die landwirtschaftliche Praxis als auch in internationalen Zeitschriften wissenschaftlich veröffentlicht. Der langjährige Versuch zur Grünlandverbesserung unter Praxisbedingungen am LAZBW wurde bei mehreren Grünlandtagungen, Führungen und Unterrichtsstunden vielen Landwirtinnen und Landwirten vorgestellt.

Die Maßnahme ist langfristig angedacht und wirkt flächendeckend.

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz zuständig.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

LAZBW

Profiteurinnen und Profiteure

Landwirtschaftliche Betriebe

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-LW-3 Qualität von Ernteprodukten
- R-LW-3 Fruchtartendiversifizierung

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Wasserhaushalt
- Naturschutz und Biodiversität



Boden

Intakte Böden erfüllen vielfältige Aufgaben für den Naturhaushalt und können Schäden durch Wetterextreme wie Starkregen oder Hochwasser abmildern. Sie beeinflussen über die Verdunstung der Vegetation wesentlich das lokale und das regionale Klima. Die Funktionsfähigkeit der Böden ist sowohl durch die Auswirkungen des Klimawandels als auch durch die intensive menschliche Nutzung beeinträchtigt. Um die Klimaschutzfunktion der Böden beibehalten zu können, muss eine möglichst große unversiegelte und intakte Bodenfläche bewahrt werden.

BO1 REDUZIERUNG DER FLÄCHENINANSPRUCHNAHME

Eine flächeneffiziente Siedlungsentwicklung trägt dazu bei, Flächenneuanspruchen im Außenbereich zu reduzieren. Das Land unterstützt die Kommunen durch ein langfristig angelegtes Förderprogramm sowie bewusstseinsbildende Informations- und Serviceangebote.

Im Rahmen des Förderprogramms „Flächen gewinnen durch Innenentwicklung“ wurden seit 2009 bis heute (November 2019) rund 308 kommunale Projekte mit einem Förder volumen von 7,3 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 (zum Beispiel Aktionsbündnis „Flächen gewinnen“).

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau zuständig.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

Planungsebene Landesplanung und kommunale Bauleitplanung

Profiteurinnen und Profiteure

Bevölkerung

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-BO-1 Bodenwasservorrat

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Naturschutz und Biodiversität
- Wasserwirtschaft
- Landwirtschaft
- Stadt- und Raumplanung



BO2 STÄRKERE BERÜCKSICHTIGUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON BÖDEN BEI PLANUNGSVERFAHREN

Bei der Flächeninanspruchnahme von Böden für Siedlung und Verkehr sollen deren Qualität und natürliche Funktionen mit dem Ziel, leistungsfähige Böden als natürliche Lebensgrundlage zu schützen und zu erhalten, angemessen berücksichtigt werden. Mit den seit Langem etablierten Methoden der Flurbilanz und der Bodenfunktionsbewertung stehen geeignete Planungsinstrumente zur Verfügung, um Eingriffe auf weniger leistungsfähige Böden lenken zu können. Es geht insbesondere darum, in Planungs- und

Zulassungsverfahren geeignete fachliche Grundlagen zur Bewertung des Schutzgutes Boden und seiner Funktionen zu berücksichtigen.

Durch die Maßnahme wird gleichsam die natürliche und unentbehrliche Lebensgrundlage für Pflanzen, Tiere und Menschen geschützt.

Zeithorizont: kurzfristig

Auf Ministerialebene sind das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau, das Ministerium für Verkehr sowie die für die jeweiligen Zulassungsverfahren zuständigen Fachressorts zuständig.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

Bauherrinnen und Bauherren, Wohnungsbaugesellschaften, Investorinnen und Investoren

Profiteurinnen und Profiteure

Bevölkerung

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-BO-1 Bodenwasservorrat

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Naturschutz und Biodiversität
- Wasserwirtschaft
- Stadt- und Raumplanung

Naturschutz und Biodiversität

NA1 ERMITTLUNG, FÖRDERUNG UND SCHUTZ VON VERANTWORTUNGSARTEN, FÜR DIE SICH DIE GEFÄHRDUNG ERHÖHT

Bei Verantwortungsarten handelt es sich um Arten, für die Deutschland aus globaler Perspektive eine besondere Verantwortlichkeit zugemessen wird, da sie entweder nur hier vorkommen bzw. ein bedeutender Teil der Weltpopulation hier vorkommt oder die Art weltweit gefährdet ist. Letzteres ist bei einigen Insekten der Fall. Um Entwicklungstrends der Insektenbestände in Baden-Württemberg fest-

stellen zu können und damit ein Frühwarnsystem für die Auswirkungen von Umweltveränderungen wie dem Klimawandel auf die Insektenpopulation zu installieren, wurde 2018 ein landesweites Insektenmonitoring etabliert.

Damit soll eine Datengrundlage zu den Insektenbeständen im Lande geschaffen werden, die durch ein langfristiges Monitoring laufend aktualisiert wird. Die Insektenbestände werden über Indikatorengruppen (Bausteine: Tagfalter, Heuschrecken, Biomasse, Laufkäfer, Nachtfalter) überwacht, die insgesamt ein Ab-





bild des Zustands der Insektenvorkommen geben. Da Insekten eine Schlüsselrolle in Ökosystemen einnehmen, sind beobachtete Bestandsveränderungen ein Indiz für damit einhergehende Auswirkungen auf wichtige Ökosystemleistungen. Insekten reagieren sehr rasch auf Umwelteinflüsse. Deshalb kann das Monitoring unter der Voraussetzung einer langfristigen Durchführung als Frühwarnsystem etwa für klimabedingte Gefährdungen der landwirtschaftlichen Nutzung durch Biodiversitätsverluste, für die Wirkung der Landnutzung auf die Biodiversität allgemein und die Wirksamkeit von Naturschutzmaßnahmen

verwendet werden. Da Insekten überwiegend wechselwarm sind und eine rasche Generationsfolge haben, ist zu erwarten, dass sich Witterungs- und Klimaänderungen auf das Artenspektrum auswirken.

Die flächendeckende Maßnahme ist auf Dauer angelegt. Für die Durchführung des Insektenmonitorings sind derzeit jährlich etwa 790.000 Euro verfügbar.

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft zuständig.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

LUBW, Naturschutzbehörden, FVA

Profiteurinnen und Profiteure

Naturschutz, Landwirtschaft

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-NA-2 Ausbreitung wärmeliebender Insektenarten

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Landwirtschaft

NA4 INTENSIVIERUNG DER RENATURIERUNGSMASSNAHMEN FÜR HOCH- UND NIEDERMOORE

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.

Die Umsetzung und Weiterentwicklung des im Jahr 2015 erarbeiteten Moorschutzpro-

gramms ist insgesamt weiter vorangeschritten. Die LUBW ist landesweit Ansprechpartnerin und Koordinierungsstelle für Fachfragen zum Moorschutz im Offenland, die FVA für den Waldbereich. Beispiele sind die Einbeziehung bei Planungen zur Renaturierung der Moore auf dem Kaltenbronn, Wissenstransfer bei verwaltungsinternen Fortbildungen sowie Koordinierung von Moorschutzaktivitäten zwischen den Ländern und auf Bundesebene. Vor dem Hintergrund fortschreitender Erkenntnisse und in Anpassung an den Klimawandel wird das Moorschutzprogramm sukzessive entsprechend dem Erkenntnisfortschritt weiterentwickelt. So nehmen Vertreterinnen und Vertreter der zuständigen Naturschutzfachreferate im Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft und in der LUBW an Veranstaltungen des Bundesministeriums für



Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und des Bundesamts für Naturschutz zur Erstellung einer Moorschutzstrategie des Bundes und zur Erstellung einer Bund-Länder-Zielvereinbarung zum Moorbodenschutz teil und bringen die dort gewonnenen Erkenntnisse in das Moorschutzprogramm des Landes ein.

In den vier Regierungsbezirken wurden seit 2015 zahlreiche Untersuchungen und Planungen zur ökologischen Verbesserung oder Renaturierung erstellt. Im Regierungsbezirk Stuttgart wurden seit 2015 in den beiden einzigen relevanten Mooren Untersuchungen im Umfang von rund 33,7 Hektar vorgenommen. Im Regierungsbezirk Freiburg wurden seit 2015 bei insgesamt 43 Mooren mit 435 Hektar Fläche Untersuchungen und Planungen zur ökologischen Verbesserung oder Renaturierung erstellt. Im Regierungsbezirk Karlsruhe wurden im genannten Zeitraum in sechs Gebieten umsetzungsorientierte Arbeiten vorgenommen. Im Regierungsbezirk Tübingen wurden von der Naturschutzverwaltung seit 2015 Untersuchungen und Planungen in insgesamt 96 Mooren auf rund 13.033 Hektar Moor durchgeführt.

Das Projekt „Moore mit Stern“ wurde zwischenzeitlich abgeschlossen. Hier wurden in einer Kooperation zwischen dem Land Baden-Württemberg (ForstBW AöR als Grundeigentümerin) und dem NABU Baden-Württemberg (Projektträger) mehrere Hoch- und

Niedermoore (Hinterzartener Moor, Bodenmöser) ökologisch aufgewertet. Dazu zählten die Wiedervernässungsmaßnahmen bei Hinterzarten, sowie bei Isny und Argenbühl.

In Zusammenarbeit mit der LUBW, ForstBW AöR, den Naturschutzfachreferaten der Regierungspräsidien und dem Finanzministerium bzw. dem Landesbetrieb Vermögen und Bau wurden Flächenkäufe oder Flächentausch vorgenommen, um Moorflächen in Wäldern oder im Offenland in Staatsbesitz zu bringen und damit wirksame Untersuchungen sowie Schutz- und Renaturierungsmaßnahmen einleiten zu können. Dabei wurden im Landkreis Sigmaringen im Jahr 2014 direkt angrenzend an das größte Bannwaldgebiet „Pfrunger-Burgweiler-Ried“ rund 22,14 Hektar ehemaliger Gemeindewald auf Moorstandorten mit einem Mittelaufwand von 493.000 Euro durch ForstBW AöR erworben. Des Weiteren erfolgten in den Jahren 2015 bis 2019 zahlreiche Flächenankäufe von ForstBW AöR zu Naturschutzzwecken. Bei den Flächen handelt es sich oft um moorige Waldflächen in Naturschutzgebieten. Zudem findet derzeit eine Überprüfung landeseigener Moorgrundstücke auf möglicherweise vorhandene, intensive landwirtschaftliche Nutzung statt. Ziel ist, im Sinne des Naturschutzgesetzes (§ 2 Abs. 2 NatSchG) möglicherweise ackerbaulich genutzte landeseigene Moorflächen zu renaturieren.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

Regierungspräsidien, Landkreise, ForstBW AöR, FVA, LUBW, Naturschutzverbände, Naturschutzgroßprojekte

Profiteurinnen und Profiteure

Naturschutz, Forst, Lebensräume, Biotope, Arten, Klima

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-WH-1 Grundwasserstand und Quellschüttung

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Wasserhaushalt
- Wald und Forstwirtschaft; FW9





NA9: BERÜCKSICHTIGUNG DES KLIMAWANDELS BEI DER LANDESWEITEN BIOTOPVERBUNDPLANUNG

Die Zersiedelung und die Intensität der Landnutzung sind wesentliche Ursachen des dramatischen landesweiten Artenrückgangs. Viele Biotop sind für das Überleben von Arten zu klein und ihre isolierte Lage erschwert den Austausch zwischen den Populationen. Auch die Klimaentwicklung erfordert eine Anpassung der Natur. Für den Erhalt der Biologischen Vielfalt ist daher ein multimodularer Ansatz erforderlich. Dazu gehört primär ein landesweiter, insbesondere funktionaler Biotopverbund in der Offen- und Agrarlandschaft. Zusätzlich müssen auch möglichst viele Freiflächen inner- wie auch außerhalb der Agrarlandschaft als Lebensstätten oder Rückzugsorte gesichert werden.

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. Die Pilotprojekte der LUBW und des BUND sind mittlerweile abgeschlossen. Die weitere konsequente Umsetzung des Fachplans Landesweiter Biotopverbund im ganzen Land ist nun das wesentliche Ziel. Angestrebt wird dabei zunächst eine Priorisierung auf biotopverbundrelevante Flächen, auf denen eine deutliche Verbesserung des Biotopverbunds erzielt werden kann, beispielsweise in Landschaftsräumen mit hohen Defiziten an geeigneten Lebensräumen und Arten.

Erforderlich ist dazu eine intensive Kommunikation mit allen Planungsträgern, insbesondere mit den Kommunen. Hierzu wurde zusammen mit der Akademie für Natur- und Umweltschutz im Oktober 2016 eine Fachtagung zum Thema landesweiter Biotopverbund durchgeführt, an der zahlreiche Gemeindevertreterinnen und -vertreter sowie Planungsbüros teilgenommen haben. Weitere Informationsveranstaltungen sind vorgesehen.

Allen Kommunen und Planungsträgern im Land wurde zudem die von der LUBW und dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft erarbeitete Broschüre „Grüne Infrastruktur – Biotopverbund in Baden-Württemberg“ zugesandt. Diese enthält eine allgemeinverständliche Darstellung der Thematik und erläutert Möglichkeiten zur Mitwirkung Dritter. Ergänzend veröffentlichte die LUBW im Januar 2018 das Schwerpunktthema „Biotopverbund“, das Beiträge zur Integration des Biotopverbunds in Regional- und Flächennutzungspläne enthält.

Ergänzend dazu setzte der NABU mit einer Kofinanzierung durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft im Rahmen des Wettbewerbs „Natur nah dran“ von 2015 bis 2021 in insgesamt 61 Gemeinden Maßnahmen zur Entwicklung naturnaher Flächen im Siedlungsraum um, die zum innerörtlichen Biotopverbund beitragen.

Der Fachplan Landesweiter Biotopverbund wird bis Ende 2020 auf Basis der Offenlandbiotopkartierung, der Managementpläne und einer neuen Streuobstkulisse aktualisiert. Ebenfalls bis Ende 2020 wird ein Biotopverbund Gewässer und Aue entwickelt, der den Fachplan landesweiter Biotopverbund für den Gewässerbereich ergänzen wird. Damit steht Ende 2020 landesweit ein aktualisierter und um die Gewässerkulisse ergänzter Fachplan für die Umsetzung des Biotopverbunds zur Verfügung. Die Stärkung und der Ausbau des landesweiten Biotopverbunds ist ein Arbeitsschwerpunkt der Naturschutzverwaltung gemeinsam mit den Kommunen für die nächsten Jahre. Die Landesregierung hat für 2020 und 2021 Finanzmittel in Höhe von 12 Millionen Euro bereitgestellt. Die Landschaftserhaltungsverbände werden dazu personell verstärkt.

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft zuständig.



Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

LUBW, FVA, Höhere Naturschutzbehörden, Untere Naturschutzbehörden, Landschaftserhaltungsverbände, Naturschutzverbände, Naturschutzvereinigungen, Stiftungen

Profiteurinnen und Profiteure

Kommunen, Naturschutz, Landwirtschaft, Lebensräume, Biotope, Arten

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-NA-2 Ausbreitung wärmeliebender Insektenarten

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Landwirtschaft

Wasserhaushalt

Ändern sich das Niederschlagsgeschehen und der Temperaturhaushalt, so hat dies erhebliche Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und damit auch auf die Wasserbewirtschaftung. Selbst in unserem grundsätzlich wasserreichen Land kann es zukünftig regional zu Schwierigkeiten bei der Wasserverfügbarkeit kommen. Daher ist im Rahmen der Anpassung ein effizienter Umgang mit den Wasservorräten geboten, um die Balance zwischen einem veränderten Wasserdargebot und den Erfordernissen der Nutzung herstellen zu können.

WA1 TECHNISCHEN HOCHWASSERSCHUTZ WIRTSCHAFTLICH EINSETZEN

Ziel ist es, durch technische Maßnahmen den Hochwasserschutz zu erhöhen und das Hochwasserrisiko auf ein akzeptables Maß zu verringern. Dies soll unter Berücksichtigung der in der Regel schneller umsetzbaren und kostengünstigeren Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements erfolgen. Der technische Hochwasserschutz soll dabei durch die Berücksichtigung des Lastfalls Klimaänderung bei allen neuen technischen Hochwasserschutzmaßnahmen verbessert werden. Bei der Planung ist aufzuzeigen, welche Konsequenzen sich durch den Lastfall auf die Auslegung der Maßnahmen ergeben und welche

Mehrkosten dadurch zu erwarten sind. Aufgrund der dann vorliegenden Erkenntnisse soll entschieden werden, wie der Lastfall Klimaänderung in der Planung berücksichtigt wird. Dabei sind auch Möglichkeiten für eine spätere Anpassung in Betracht zu ziehen.

Dem Lastfall Klimaänderung werden erhöhte Bemessungsabflüsse zugrunde gelegt. Dies erfolgt durch einen Zuschlag („Klimaänderungsfaktor“) zum derzeit gültigen Bemessungswert (zum Beispiel HQ100). In Baden-Württemberg ergeben sich je nach Wiederkehrintervall (Jährlichkeit T_n) regional unterschiedliche Klimaänderungsfaktoren. Vor dem Hintergrund der bestehenden Unsicherheiten beim Blick in die Zukunft sollen neue Hochwasserschutzmaßnahmen nicht a priori größer dimensioniert und gebaut werden. Es ist vielmehr sinnvoll, Flächen beispielsweise für Dammerhöhungen oder Rückhalteräume frei zu halten oder Baumaßnahmen so vorzubereiten, dass sie bei Bedarf mit geringem Aufwand nachgerüstet werden können.

Die Kosten für die Berücksichtigung des Lastfalls Klimaänderung belaufen sich auf circa drei Prozent der Baukosten für technischen Hochwasserschutz. Die spätere Nachrüstung kann wesentlich teurer sein.





In den letzten Jahren waren die regionalen Schwerpunkte der Finanzierung von technischen Hochwasserschutzmaßnahmen in Baden-Württemberg die Maßnahmen

- des Integrierten Rhein-Programms (IRP) für die umweltverträgliche Wiederherstellung und
- des Hochwasserschutzes am Oberrhein und die Dammertüchtigungsmaßnahmen am nördlichen Oberrhein.

Darüber hinaus wurden etliche weitere Maßnahmen an Gewässern erster und zweiter Ordnung umgesetzt bzw. befinden sich derzeit im Bau. Die Landesbetriebe Gewässer bei den Regierungspräsidien sind zuständig für die Umsetzung von Baumaßnahmen

an Gewässern I. Ordnung und an Gewässern II. Ordnung, deren Unterhaltung nach dem Wassergesetz (§32 WG Abs. 2 Satz 2 präzisiert durch Anlage 3 WG) dem Land obliegt. Ansonsten liegen die Baumaßnahmen in der Zuständigkeit der jeweiligen Kommune. Die Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes an Gewässern II. Ordnung ist förderfähig. Insgesamt wurden im Zeitraum zwischen 2015 und 2019 rund 20 Hochwasserschutzmaßnahmen an Gewässern I. und II. Ordnung fertiggestellt, 30 weitere befinden sich im Bau und knapp 40 befinden sich in verschiedenen Stadien der Planung.

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft zuständig.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

Landesbetriebe Gewässer an den Regierungspräsidien, Kommunen, Zweckverbände

Profiteurinnen und Profiteure

Bevölkerung

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-WH-3 Hochwassertage
- R-WH-3 Investitionen in den technisch-infrastrukturellen Hochwasserschutz

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Landwirtschaft
- Wald und Forstwirtschaft
- Naturschutz
- Stadt- und Raumplanung

WA2 BETROFFENE AN DER FESTLEGUNG DER ANPASSUNGSMASSNAHMEN BETEILIGEN UND INFORMIEREN

Gemäß Wasserhaushaltsgesetz (§ 5 Abs. 2 WHG) ist jede Person dazu verpflichtet, für den Fall eines Hochwassers Maßnahmen zur Eigenvorsorge zu treffen. Daher ist die aktive Beteiligung der Öffentlichkeit ein wichtiger

Bestandteil des Hochwasserrisikomanagements (HWRM). Die in Baden-Württemberg flächendeckend vorhandenen Hochwasserparterschaften – ein Zusammenschluss von Kommunen, Fachverwaltungen und Institutionen innerhalb eines Einzugsgebietes – befassen sich neben den Fragen des „klassischen“ Hochwasserschutzes auch mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die ört-



liche Situation und mit den dadurch erforderlichen Anpassungsmaßnahmen.

Im Rahmen der kommunalen HWRM-Maßnahme „Information der Bevölkerung und Wirtschaftsunternehmen“ werden die genannten Zielgruppen umfassend auf Hochwasser vorbereitet und zur Eigenvorsorge motiviert. Zentral ist dabei die regelmäßige und zielgruppenorientierte Information der betroffenen Menschen in hochwassergefährdeten Gebieten. Sie sollen die Gefahren durch Hochwasser auf der Basis der Hochwassergefahren- und -risikokarten kennen und über Eigenvorsorge und Verhaltensvorsorge, Nachsorge sowie Möglichkeiten der Versicherung beziehungsweise Bildung von Rücklagen informiert sein.

Durch eine hochwasserangepasste Bauweise können erhebliche Schäden an Gebäuden und Gefahren für Mensch und Umwelt abgewendet werden.

Rund 85% der Kommunen in Baden-Württemberg sind potenziell von einem Hochwasser betroffen. Nach derzeitigem Stand haben circa 20% der Kommunen seit 2015 diese Maßnahme vollständig umgesetzt. In den Hochwasserpartnerschaften wird diese Maßnahme und deren Umsetzung auch in Zukunft eine große Rolle spielen. Diesbezüglich wurden zwischen 2015 und 2019 insgesamt 54 Veranstaltungen (Tagungen und Workshops) ausgerichtet.

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft zuständig.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

Kommunen, Fachverwaltungen, Fortbildungsgesellschaft für Gewässerentwicklung

Profiteurinnen und Profiteure

Bevölkerung

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-WH-3 Hochwassertage
- R-WH-3 Investitionen in den technisch-infrastrukturellen Hochwasserschutz

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Landwirtschaft
- Wald und Forstwirtschaft
- Stadt- und Raumplanung

WA7 RISIKO DER VERSORGUNGSUNTERNEHMEN MINIMIEREN UND VERSORGUNGSSTRUKTUREN VERBESSERN

Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft plant in Kooperation mit dem Ministerium für ländlichen Raum und Verbraucherschutz ab 2020 die Durchführung des Projektes „Masterplan Wasserver-

sorgung Baden-Württemberg“. Darin soll die zukünftige Entwicklung der Wasserressourcen der prognostizierten Entwicklung des Trinkwasserbedarfs vor dem Hintergrund des Klimawandels gegenübergestellt werden. Dafür werden die mittleren und minimalen Schüttungen von Quellen sowie die mittleren und minimalen Grundwasserstände erhoben und mithilfe von Klimamodellen





eine Prognose mit einem Zeithorizont bis 2050 erstellt. Anhand von Annahmen werden die Bevölkerungsentwicklung und der zukünftige Trinkwasserbedarf, insbesondere Tagesspitzenbedarfe während Hitzeperioden, abgeschätzt. Betrachtet werden außerdem extreme Wetterereignisse wie Überschwemmungen, Starkregen und längere Trockenperioden sowie Notfallszenarien, zum Beispiel ein länger anhaltender Stromausfall.

Für jede Gemeinde wird ermittelt, ob im Hinblick auf die Wassermengenbilanz und die Versorgungssicherheit ergänzender Wasserbedarf besteht oder bestehen wird und wie hoch dieser ist. Es wird eine Empfehlung formuliert, wie er gedeckt werden könnte. Ergänzt Wasserbedarf kann mit gemeindeeigenen Wasservorkommen, durch kommunale Verbände oder Anbindung an eine Gruppenwasser- oder Fernwasserversorgung gedeckt werden. Außerdem wird ermittelt, ob und inwiefern ergänzender Wasseraufbereitungsbedarf gegeben ist und wie der Zustand der Wasserversorgungsanlagen ist.

Zusätzlich wird die vorhandene Ersatz- bzw. Notfallversorgung im Geltungsbereich der Trinkwasserverordnung erhoben. Unter Berücksichtigung des projizierten Wasserbedarfs

und abgestimmter Rahmenvorgaben werden zukünftig notwendige Maßnahmen hierfür eruiert.

Mit Hilfe der Strukturdaten zur Wasserversorgung, die durch Befragung und Begehung vor Ort zu erheben sind, werden kommunenscharf Empfehlungen zu Handlungsoptionen und weitergehenden Maßnahmen formuliert. Die Zusammenstellung der erhobenen Strukturdaten erfolgt digital, um eine Nutzung und Fortschreibung der Daten zu gewährleisten.

Gegebenenfalls sind aufgrund der Empfehlungen des Masterplans Wasserversorgung weitergehende Strukturgutachten zur Verbesserung der Versorgungssicherheit durchzuführen. Dafür und für die Umsetzung konkreter Maßnahmen stehen Fördermittel gemäß der Förderrichtlinie der Wasserwirtschaft des Landes Baden-Württemberg zur Verfügung.

Die landesweite Erhebung soll landkreisweise erfolgen und circa fünf Jahre dauern.

Die Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen liegt in der alleinigen Verantwortung der Gemeinden, die im Rahmen der Daseinsvorsorge auch für die Trinkwasserversorgung zuständig sind.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Gemeinden

Profiteurinnen und Profiteure

Wasserversorger, Bevölkerung

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-WH-1 Grundwasser und Quellschüttungen

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Gesundheit



WA8 NATURNAHE GEWÄSSERSTRUKTUREN ENTWICKELN UND NATURNAHE SUKZSSION AM UFER FÖRDERN

Zentrales Ziel der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist der gute Zustand der europäischen Gewässer. Ein zentraler 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 Revitalisierungsmaßnahmen 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 oder Stauung), eine typspezifisch ausgeprägte Sohlstruktur und intakte Ufer mit ausreichend Bewuchs. So sind die Tiere und Pflanzen eher in die Lage versetzt, sich an die sich ändernden klimatischen Bedingungen anpassen zu

können. In naturnah strukturierten Gewässerabschnitten finden beispielsweise anspruchsvollere oder sensible Arten, die in der Regel kühlere, sauerstoffreichere Bedingungen benötigen, thermische Refugien.

Zur planvollen Umsetzung und dem gezielten Einsatz von Haushaltsmitteln für die Revitalisierung wird in Baden-Württemberg durch die Landesbetriebe Gewässer bis 2026 die Landesstudie Gewässerökologie erarbeitet. Mit ihr werden die zur Zielerreichung mindestens notwendigen Revitalisierungsmaßnahmen ermittelt sowie die zuständigen Behörden bei der Auswahl und der Art der zu revitalisierenden Abschnitte unterstützt. Die landeseigenen Maßnahmen werden nach einheitlichen Kriterien priorisiert.

Die flächendeckende Maßnahme ist langfristig angedacht.

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft zuständig.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

Landesbetriebe Gewässer

Profiteurinnen und Profiteure

Energiewirtschaft

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- R-WH-1 Gewässerstruktur
- R-WH-2 Uferbewuchs

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Naturschutz und Biodiversität
- Wirtschaft und Energiewirtschaft





Tourismus

TO1 KLIMAVERTRÄGLICHE NACHHALTIGE ANGEBOTE SCHAFFEN

Mit der Maßnahme sollen touristische Produkte und Angebote geschaffen werden, die einen schonenden Umgang mit den Ressourcen und umweltverträgliche Produkte in den Fokus rücken. Der Ansatz verfolgt eine angebotsseitige Entwicklung zur Weckung der Nachfrage und wird von den Akteursgruppen in Baden-Württemberg flächendeckend angegangen. Gleichzeitig wird hierbei die Stärkung regionaler Wertschöpfungsketten unterstützt. Durch die Einführung der Zertifizierung „Nachhaltiges Reiseziel“ im Jahr 2014 wurden in Baden-Württemberg erstmals ganze Reiserregionen für ihr Engagement zur naturverträglichen und sozialgerechten Entwicklung der Tourismusstandorte ausgezeichnet. Das Ministerium der Justiz und für Europa unterstützte diese Regionen inhaltlich durch die Durchführung von Erfahrungsaustauschen sowie durch die Übernahme von 50% der Kosten für die erste Re-Zertifizierung. Zusätzlich setzt sich das Land bei der bundesweiten Vernetzungsinitiative der Nachhaltigen Reiseziele ein. Das Engagement spiegelt sich auch

im touristischen Marketing wider. So haben beispielsweise die Großschutzgebiete in Abstimmung mit der von der Tourismusmarketing GmbH Baden-Württemberg (TMBW) organisierten AG Naturlandschaften die Erlebnismarke „Grüner Süden“ geschaffen. Diese bündelt zahlreiche Marketingaktivitäten, einen gemeinsamen Messeauftritt und koordiniert Pressefahrten. Die Naturparke Baden-Württemberg und die TMBW geben gemeinsam die regelmäßig erscheinende Publikation „Echtzeit“ heraus, an der auch der Nationalpark und die Biosphärengebiete beteiligt sind. Darüber hinaus entwickeln die Großschutzgebiete zahlreiche eigene touristische Angebote (etwa Trekking im Naturpark Schwarzwald oder die Partnerinitiative des Nationalparks). Die Berücksichtigung von Nachhaltigkeit in der touristischen Entwicklung ist als Grundprinzip innerhalb der neuen Tourismuskonzeption Baden-Württemberg verankert. Das Ministerium der Justiz und für Europa unterstützt damit die Sensibilisierung der Regionen und Betriebe und gibt Hilfestellung in der Suche nach Best-Practices sowie der Vernetzung interessierter Teilnehmerinnen und Teilnehmer.

Dringlichkeit

Mittel

Akteurinnen und Akteure

Leitbetriebe, touristische Leistungsanbieterinnen und -anbieter

Profiteurinnen und Profiteure

Umweltbewusster Tourismus, Einwohnerinnen und Einwohner

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-TO-2 Saisonalität von Übernachtungen
- R-TO-1 Nachhaltige Reiseziele

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- TO2 Radland Baden-Württemberg ausdehnen
- Naturschutz und Biodiversität



TO2 RADLAND BADEN-WÜRTTEMBERG AUSDEHNEN

Ziel der Maßnahme sind die Förderung und Vernetzung der Fahrradinfrastruktur unter anderem mit touristischen Angeboten wie Beherbergungs- und Gastronomiebetrieben. Hier wurden in den vergangenen fünf Jahren (2015 bis 2019) allein im Tourismusinfrastrukturprogramm radtouristische Projekte der Kommunen im Umfang von knapp 1,5 Millionen Euro gefördert. Damit wurden Investitionen in Höhe von 5,2 Millionen Euro in Baden-Württemberg angestoßen. Zusätzlich engagiert sich das Ministerium der Justiz und für Europa gemeinsam mit dem Ministerium für Verkehr, der TMBW, der Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg (NVBW) und dem Allgemeinen Deutschen Fahrrad-Club e.V. (ADFC) in der Vernetzung, Weiterentwicklung und Zertifizierung der Landesradfernwege, um so eine qualitative Verbesserung des Angebots in Anlehnung an Gästebedürfnisse und nachfrageorientierte Entwicklung zu erzielen. Auch die Kopplung von Alltags- und Freizeitradwegen soll erreicht werden. Dazu arbeitet das Ministerium der Justiz und für Europa gemeinsam mit der TMBW und den Geschäftsstellen der Landesradfernwege

an einer zielgruppenorientierten Vermarktung der touristisch interessanten Strecken. Die TMBW vermarktet das Radreiseland Baden-Württemberg zentral unter der Rubrik „Rad-süden“ auf ihrer Homepage und veröffentlicht in regelmäßigen Abständen eine gleichnamige Broschüre. Darüber hinaus können radaffine Urlauberinnen und Urlauber ihre Routen über den eigens zu diesem Zweck entwickelten Radroutenplaner organisieren. Baden-Württemberg lebt von seiner heterogenen Tourismuslandschaft und seiner Vielzahl an herausragenden touristischen Sehenswürdigkeiten und Einrichtungen. Entsprechend findet der größte Anteil der Marketingaktivitäten auf kommunaler und regionaler Ebene statt. Überregional bedeutsame radtouristische Angebote werden von der TMBW als Produktmarke Radfahren auf nationaler und internationaler Ebene vermarktet. Durch Radkongresse und Förderpreise werden zudem ein Erfahrungsaustausch und eine Sensibilisierung sowohl der Akteurinnen und Akteure als auch der Nutzergruppen angestrebt. Bei dieser flächendeckend und auf Dauer angelegten Maßnahme wirken das Ministerium der Justiz und für Europa und das Ministerium für Verkehr zusammen.

Dringlichkeit

Mittel

Akteurinnen und Akteure

TMBW

Profiteurinnen und Profiteure

Radfahrende, Gäste, Einwohnerinnen und Einwohner

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-TO-1 Saisonalität von Übernachtungen
- R-TO-1 Nachhaltige Reiseziele

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Stadt- und Raumplanung



Gesundheit

GE1 HITZEBERATUNG „HEATSCOUT“ EINRICHTEN

Diese Maßnahme dient zur Minderung thermischer Belastung vor allem bei Älteren, Kleinkindern und chronisch Kranken. Bei dieser Gruppe kann Hitze zu starken Belastungen des Herz-Kreislauf-Systems führen. Ziel ist es, der städtischen Bevölkerung, insbesondere den Risikogruppen, bei Hitzewellen und deren Folgen zu helfen.

In großstädtischen Verdichtungsgebieten wird eine kommunale Anlaufstelle („HeatScout“) zur Information, praktischen Unterstützung und Hilfe für vulnerable Personengruppen empfohlen, die möglicherweise auch in ande-

ren klimabedingten Fragestellungen Ansprechpartner sein könnte. Diese sollte eine interkulturelle und kompetente Anlaufstelle sein und Einzelpersonen sowie Familien bei hitzebedingten Problemen und akuten gesundheitlichen oder materiellen Notfällen schnell Hilfe gewähren.

Diese quartiersbezogene Vertrauensstelle kann im Rahmen anderer Programme (zum Beispiel „Soziale Stadt“) geschaffen werden und weitere Aufgaben übernehmen. Eine Koordination mit Beratungs- und Hilfsangeboten sozialer Dienste wird für sinnvoll erachtet. Hilfsangebote sollen auch eine aufsuchende Beratung und Unterstützung im Bedarfsfall einschließen.

Dringlichkeit

Gering

Akteurinnen und Akteure

Kommunen, Soziale Dienste

Profiteurinnen und Profiteure

Bevölkerung

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-GE-1 Hitzebelastung

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- GE2 Kühlstuben einrichten

GE5 VASS-BEKÄMPFUNG BEGINNEN

Durch den Aufbau eines Warn-, Bekämpfungs- und Kontrolldienstes zu gesundheitsgefährdenden Pflanzen und Tieren (VASS = Vektoren, Allergene, Schadtiere, Schadpflanzen) sollen die Gefahren für die Bevölkerung verringert werden.

Im Fokus stehen derzeit Maßnahmen zur Bekämpfung der asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*). Ziel ist die Reduzierung von Populationen der Mücken, um das Risiko für lokal

erworbene (autochthone) Fälle von Infektionskrankheiten wie Dengue und Chikungunya, die durch *Aedes albopictus* übertragen werden können, zu minimieren.

In den lokalen „Hotspots“, die sich insbesondere im Rheingraben befinden, sind die Gesundheitsämter sowie die Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS) aufklärend tätig. Erforderliche Bekämpfungsmaßnahmen werden von den betroffenen Kommunen oder Landratsämtern veranlasst.



Die KABS führte zwischen 2016 und Anfang 2018 das KLIMOPASS-Projekt „Untersuchungen zur Effektivität von Monitoring- und Bekämpfungsmaßnahmen für die Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur integrierten Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke in Baden-Württemberg“ durch. In diesem Rahmen wurde eine Population der Tigermücke in Heidelberg bekämpft.

Zwischen 2015 und Anfang 2016 wurde außerdem das KLIMOPASS-Projekt „Bekämpfung der Hohen und der Stauden-Ambrosie

mittels unterschiedlicher Methoden sowie Durchführung örtlich orientierter Öffentlichkeitsarbeit“ durchgeführt.

Die Landratsämter bzw. Gesundheitsämter wurden durch das Ministerium für Soziales und Integration für die Problematik durch Rundschreiben sensibilisiert.

Die Maßnahme ist auf Dauer angelegt und fokussiert sich auf die betroffenen Gebiete.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

Gemeinden

Profiteurinnen und Profiteure

Bevölkerung

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-GE-1 Hitzebelastung
- I-GE-2 Ambrosiavorkommen
- I-GE-3 Überträger von Krankheitserregern
- R-GE-1 Bekämpfung Ambrosia

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Landwirtschaft; LW 3
- Wald- und Forstwirtschaft; FW 3



Stadt- und Raumplanung

SR6 SOZIODEMOGRAFISCHE UND KLIMATISCHE KARTIERUNG ZUR ERFASSUNG VON RISIKOGEBIETEN FÜR GESUNDHEITLICHE HITZEBELASTUNG

Im Rahmen des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts ZURES (Zukunftsorientierte Vulnerabilitäts- und Risikoanalyse als Instrument zur Förderung der Resilienz von Städten und urbanen Infrastrukturen) wurde zwischen September 2016 und August 2019 die gesellschaftliche Vulnerabilität gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels untersucht. Der Forschungsvorbund rund um das Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (IREUS) der Uni-

versität Stuttgart befasste sich mit der Entwicklung neuer Methoden und Instrumente zur zukunftsorientierten Vulnerabilitäts- und Risikoabschätzung in städtischen Räumen mit dem Fokus auf das Thema Hitzestress.

In diesem Rahmen wurden unter anderem für die Modellstadt Ludwigsburg Klimaanalyse- bzw. -szenariokarten erarbeitet und mit sozioökonomischen und demografischen Szenarien verknüpft. Anhand dieser Karten bzw. Szenarien kann auf der Mikroebene abgelesen werden, in welchen Quartieren der Handlungsdruck besonders hoch ist.

Die Ergebnisse des Projekts bzw. die dort praktizierten Vorgehensweisen können auch auf weitere Städte übertragen werden.

Dringlichkeit

Akteurinnen und Akteure

Kommunen

Profiteurinnen und Profiteure

Vulnerable Bevölkerung

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-SR-3 Wärmebelastung in Städten
- R-SR-2 Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsfläche
- R-SR-3 Anzahl von Städten und Kommunen mit Klimaanpassungsplänen oder äquivalenten Maßnahmen

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Gesundheit

SR10 ERHÖHUNG DER ANPASSUNGSBEREITSCHAFT DER AN DER PLANUNG BETEILIGTEN AKTEURINNEN UND AKTEURE

Das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau 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 Innenent-

wicklung 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 – Hinweise für die Bauleitplanung“, „Starkregenvorsorge im Städtebau und in der Bauleitplanung“, Serviceangebote (Flächenmanagement-Tool FLOO), innovative Dialogforen und Auszeichnungsverfahren wie jüngst den „Staatspreis Baukultur Baden-Württemberg 2020“ einschließlich einer Wanderausstellung oder den Flächenrecyclingpreis Baden-Württemberg.

Im Rahmen des Förderprogramms „Flächen gewinnen durch Innenentwicklung“ wurden seit 2009 bis heute (November 2019) rund 308 kommunale Projekte mit einem Fördervolumen von 7,3 Millionen Euro gefördert.

Die Maßnahme ist auf Dauer angelegt und wirkt flächendeckend.

Dringlichkeit

Mittel

Akteurinnen und Akteure

Kommunen

Profiteurinnen und Profiteure

Öffentlichkeit

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

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

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Boden

Wirtschaft und Energiewirtschaft

WI3 VERBESSERUNG DER DATENLAGE

Das Land stellt eine Vielzahl von Daten zu den Klimawandelfolgen zur Verfügung, welche regelmäßig fortgeschrieben werden. Mithilfe dieser Daten können insbesondere Unternehmen das Risikopotenzial von un- wetterbedingten Schäden besser abschätzen und geeignete Gegenmaßnahmen treffen (Objektschutz), um entsprechende Verluste zu vermeiden.

Bis 2015 wurden flächendeckend Hochwassergefahrenkarten (HWGK) für alle relevanten Gewässer in einem Gemeinschaftsprojekt der Kommunen und des Landes Baden-Württemberg erstellt. Sie liefern für rund 12.000 Kilometer Gewässer konkrete Informationen über die mögliche Ausdehnung und Tiefe einer Überflutung mit unterschied-

lichen Wiederkehrintervallen sowie über vorhandene Hochwasserschutzanlagen. Die HWGK werden fortlaufend überarbeitet.

Daneben wurden bis 2015 flächendeckend Hochwasserrisikomanagementpläne zusammengestellt. Sie zeigen Maßnahmen für die Zeit vor, während und nach einem Hochwasser auf. Die Pläne werden regelmäßig überprüft und fortgeschrieben.

Ergänzend stellt das Land mit dem Leitfaden „Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg“ seit Ende 2016 eine standardisierte Vorgehensweise für die Erkundung von Gefahren durch Starkregen zur Verfügung. Die Grundlage für das Starkregenrisikomanagement bildet die Starkregengefahrenkarte. Die hierfür benötigten Eingangsdaten werden für die Landesfläche zentral von der





LUBW zur Verfügung gestellt. Starkregen-
gefahrenkarten werden für drei unterschiedliche
Oberflächenabflussereignisse erstellt. In
den Karten sind für drei Abflusszenarien die
maximalen Überflutungsausdehnungen, Über-
flutungstiefen und Fließgeschwindigkeiten
dargestellt. Anhand der Karten werden die bei
Starkregenereignissen besonders betroffenen

und schützenswerten Objekte sowie kritische
Infrastrukturen identifiziert.

Auf Ministerialebene ist das Ministerium für
Umwelt, Klima und Energiewirtschaft für die
Maßnahmen zuständig.

Dringlichkeit

Hoch

Akteurinnen und Akteure

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirt-
schaft, LUBW, Regierungspräsidien

Profiteurinnen und Profiteure

Unternehmen, Kommunen, Landkreise, Anwohnerin-
nen und Anwohner

Verknüpfung zu den Indikatoren des Handlungsfeldes

- I-WE-2 Wetterbedingte Unterbrechung der Strom-
versorgung
- I-WE-3 Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der
Stromversorgung

Verknüpfungen zu anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen der Anpassungsstrategie

- Stadt- und Raumplanung
- Landwirtschaft
- Wald- und Forstwirtschaft
- Wasserhaushalt
- Boden



Weitere Maßnahmen

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über weitere Maßnahmen der verschiedenen Ressorts, über die in diesem Bericht nicht ausführlich berichtet wurde.

Tabellarische Übersicht zu weiteren Maßnahmen

Die Spalten der Tabelle enthalten die folgenden Informationen: Nr.: Maßnahmenummer; Kurzbeschreibung: Kurzbeschreibung der Maßnahme; Stand: Umsetzungsstand in Umsetzkategorien (seit Jahr, Beginn Jahr, in Planung, derzeit nicht möglich); Charakter: Charakter der Maßnahme in Kategorien (flächendeckend oder punktuell (ggf. Ort) – einmalig oder fortlaufend (ggf. Enddatum)); Akteurinnen, Akteure: Ausführende Akteurinnen und Akteure der Maßnahme; Profiteurinnen, Profiteure: Profiteurinnen und Profiteure der Maßnahme; Verknüpfungen: Querverbindungen zu, Abhängigkeiten von und Synergien mit anderen Handlungsfeldern bzw. Maßnahmen, Bezug zu Indikatoren

Nr.	Kurzbeschreibung	Stand	Charakter	Akteurinnen, Akteure	Profiteurinnen, Profiteure	Verknüpfungen
Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft						
FW2	Entwicklung eines Beratungskonzepts für Waldbesitzende zu Klimafolgen und Anpassungsplanung	seit 2015	punktuell RB Karlsruhe – fortlaufend	ForstBW AÖR	Waldbesitzende	I-FW-1, I-FW-3, I-FW-4, I-FW-5, R-FW-4
FW2	Entwicklung eines Beratungskonzepts für Waldbesitzende mit Vulnerabilitätsanalyse, Planungsmodell und Maßnahmenkatalog	Beginn 2020	punktuell – fortlaufend	Untere Forstbehörden	Waldbesitzende	I-FW-1, I-FW-3, I-FW-4, I-FW-5, R-FW-4
FW4	Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und Förderung der Durchwurzelung durch Bodenschutzkalkung	seit 2011	flächendeckend – fortlaufend bis circa 2060	FVA, RP Freiburg	Waldbesitzende	keine Zuordnung möglich
FW5	Entwicklung eines umfassenden modellgestützten Entscheidungsunterstützungssystems unter Berücksichtigung von Wachstum, Wasserhaushalt, Risiken und ökonomischen Zielgrößen	in Planung	flächendeckend – fortlaufend	FVA, MLR, ForstBW AÖR	Forstbetriebe, forstliche Vereinigungen	I-FW-1, I-FW-2, I-FW-3, I-FW-4, I-FW-5, R-FW-1, R-FW-2, R-FW-3, R-FW-4



Nr.	Kurzbeschreibung	Stand	Charakter	Akteurinnen, Akteure	Profiteurinnen, Profiteure	Verknüpfungen
FW5	Entwicklung eines umfassenden, webbasierten Entscheidungsunterstützungssystems für Adaption und Krisenmanagement	Beginn 2020	flächendeckend – fortlaufend	FVA, MLR	Forstbetriebe, forstliche Vereinigungen, Waldbesitzende	I-FW-1, I-FW-2, I-FW-3, I-FW-4, I-FW-5, R-FW-1, R-FW-2, R-FW-3, R-FW-4
FW7	Forschung zu optimierter Produktion und Nutzung von Laub- und Nadelholz	seit 2019	flächendeckend – fortlaufend bis 2023	FVA	Forstbetriebe, Waldbesitzende	I-FW-1, R-FW-1
Handlungsfeld Landwirtschaft						
LW4	Frostschutzmaßnahmen ausbauen durch Installation von Frostschutzanlagen im Obst- und Weinbau – Forschungsprojekt "Rebenheizung"	seit 2018	punktuell Obst- und Weinbaugebiete – fortlaufend	WBI Freiburg	Obst- und Weinbaubetriebe	I-LW-2, R-LW-4, R-LW-5
LW5	Wertvolle Kulturen vor Hagel und Starkregen durch Überdachungssysteme und Risikominimierung schützen – Forschungsprojekt "Rebenheizung" in Kombination mit Hagelschutz	seit 2018	punktuell Obst- und Weinbaugebiete – fortlaufend	WBI Freiburg	Landwirtschaftliche Betriebe	I-LW-2, I-LW-3, R-LW-1, R-LW-2
LW8	Klimaführung und Kulturfolge gartenbaulicher Kulturen anpassen durch Entwicklung angepasster Kulturverfahren	Dauer-aufgabe	flächendeckend – fortlaufend	LVG Heidelberg	Landwirtschaftliche Betriebe	I-LW-2, I-LW-3, R-LW-3
LW10	Wärmebelastung für Schweine bei Stallneubauten und in bestehenden Ställen vermindern durch Lehrgänge zu Kühlsystemen	seit 2011	fortlaufend	LSZ Boxberg	Schweinehaltende Betriebe	Tierwohl
Handlungsfeld Boden						
BO3	Vermehrte Ausweisung von Bodenschutzflächen	Von der Möglichkeit der Ausweisung wird gegenwärtig kein Gebrauch gemacht		Bodenschutzbehörden	-	-



Nr.	Kurzbeschreibung	Stand	Charakter	Akteurinnen, Akteure	Profiteurinnen, Profiteure	Verknüpfungen
Handlungsfeld Wasserhaushalt						
WA3	Natürlichen Wasserrückhalt in der Fläche fördern durch Freihaltung und Wiederanbindung von Auen. Durchsetzung von Bauverböten in Überschwemmungsgebieten	seit 2013	flächendeckend – fortlaufend	Kommunen, Land- und Forstwirtschaft	potenziell von Hochwasser betroffene Einwohnerinnen und Einwohner	I-WH-3, R-WH-3, Bauleit- / Regionalplanung, Naturschutz
WA4	Niedrigwasserabflüsse genauer erfassen, Vorhersagen auf kleine Einzugsgebiete erweitern	in Planung	punktuell, kleine Einzugsgebiete – fortlaufend	Land	Kraftwerksbetriebe, Gewerbetreibende, Landwirtschaft, Verwaltung	I-WH-4 / Wirtschaft
WA5	Kommunales Risikomanagement "Überflutungsschutz" umsetzen und integrierte Planungsprozesse für eine wassersensitive Stadtentwicklung etablieren durch Förderung von Kommunen bei deren Umsetzung	seit Dezember 2016	flächendeckend – fortlaufend	Kommunen	Einwohnerinnen und Einwohner	Stadt- und Raumplanung, Landwirtschaft, Boden
WA6	Abwassertechnische Anlagen vor Hochwasser schützen	mit Veröffentlichung und Fortschreibung der Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikomanagementpläne	punktuell – fortlaufend	Kommunen, Zweckverbände	Betriebe, Einwohnerinnen und Einwohner, Umwelt, Gewässer	keine
WA9	Ausbau des Monitorings bei Fließgewässern, Grundwasser und Bodensee durch KLIWA Klimafolgenmonitoring	seit 2018	punktuell – fortlaufend	LUBW	Nutzende der Gewässer	I-WH-5, I-WH-6





Nr.	Kurzbeschreibung	Stand	Charakter	Akteurinnen, Akteure	Profiteurinnen, Profiteure	Verknüpfungen
Handlungsfeld Tourismus						
TO3	Beherbergungsbetriebe klimafit machen durch Sensibilisierung und Förderung insbesondere hinsichtlich baulicher Maßnahmen	Daueraufgabe seit 2016	flächendeckend – fortlaufend	DEHOGA	Gastbetriebe, Gäste	I-TO-1, I-TO-2, R-TO-1, Wirtschaft
TO4	Aufenthaltsqualität sichern und optimieren durch die Einrichtung von Beschattungs- und Sitzmöglichkeiten von Tourismus- und Freizeiteinrichtungen im Rahmen des Tourismusinfrastrukturprogramms (TIP)	Daueraufgabe seit Wiedereinführung des TIP 1998	flächendeckend – fortlaufend	Touristische Betriebe	Gäste	I-TO-1, I-TO-2, R-TO-1, SR7
TO5	Saison für Outdoor-Tourismus erweitern durch Erweiterung der Angebote im Frühling und Herbst	Daueraufgabe	punktuel-ler Schwerpunkt	Touristische Leistungsanbieterinnen und -anbieter	Touristische Leistungsanbieterinnen und -anbieter, Gäste	I-TO-1, I-TO-2, I-TO-3, I-TO-4, R-TO-1, Wirtschaft
TO6	Strand- und Badetourismus ausbauen durch Schaffung entsprechender Badeinfrastruktur mit Förderung durch TIP	Daueraufgabe seit Wiedereinführung des TIP 1998	punktuell Regionen mit Wasserzugang wie Bodensee – fortlaufend	Tourismusorganisationen, Kommunen, Dienstleistende	Gäste, Einwohnerinnen und Einwohner	I-TO-1, I-TO-2, R-TO-1, Wirtschaft
TO7	Schneesport in den noch geeigneten Höhenlagen sichern durch Nutzung des technologischen Fortschritts bei der Beschneidung	Daueraufgabe seit 2005	punktuell in Höhenlagen – fortlaufend	Wintersportbetriebe	Gäste	I-TO-1, I-TO-2, I-TO-3, I-TO-4, R-TO-1, Wirtschaft
TO8	Nordic Sports (Movement) saisonunabhängig entwickeln durch Alternativangebote wie Langlauf-Inlineskaten	Daueraufgabe	punktuell in Höhenlagen – fortlaufend	Tourismusorganisationen, Kommunen, Dienstleistende	Gäste, Einwohnerinnen und Einwohner	I-TO-1, I-TO-2, I-TO-3, I-TO-4, R-TO-1, Wirtschaft



Nr.	Kurzbeschreibung	Stand	Charakter	Akteurinnen, Akteure	Profitierinnen, Profiteure	Verknüpfungen
TO9	Informationsoffene Klima starten durch ortsbezogene Informationssysteme zu verschiedenen Belastungsindikationen	Dauer-aufgabe	flächen-deckend – fortlaufend	Landkreise, Tourismusorganisationen, Unternehmen	Gäste	I-TO-1, I-TO-2, I-TO-3, I-TO-4, R-TO-1, Gesundheit
TO10	Förderung des Umweltverbunds und Optimierung des Verkehrsmanagements	seit 2016	flächen-deckend – fortlaufend	Land, Tourismusorganisationen, Kommunen	Reisende	R-TO-1
Handlungsfeld Gesundheit						
GE6	Grundlagenforschung zu Vektoren insb. durch Forschung zu Parasitologie an den Universitäten Freiburg, Tübingen, Heidelberg und Hohenheim (Zeckenforschung)	derzeit nicht möglich, da keine neuen Lehrstühle in diesem Bereich eingerichtet wurden	-	Universitäten	Einwohnerinnen und Einwohner, Patientinnen und Patienten	I-GE-3, Landwirtschaft, Wald- und Forstwirtschaft
GE9	Naevi-Screening fördern zur Früherkennung von Hautkrebs durch Sensibilisierung medizinischer Fachberufe und Information von Patientinnen und Patienten	Dauer-aufgabe	flächen-deckend – fortlaufend	SM, Krankenkassen, Ärztekammer	Patientinnen und Patienten	GE7
GE10	Aufklärung zur klimaangepassten Verhaltensweise durch Veröffentlichung von Flyern zu Sommerhitze	Dauer-aufgabe	flächen-deckend – fortlaufend	SM, Wetterdienst, Landesärztekammer	Bevölkerung	I-GE-1
Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung						
SR1	Sicherung großräumig übergreifender Freiraumstrukturen	Dauer-aufgabe	punktuell in der jeweiligen Region – fortlaufend	Träger der Regionalplanung	Einwohnerinnen und Einwohner	I-SR-3, R-SR-1, R-SR-2
SR2	Erhalt und Schaffung eines Flächenverbunds zur thermischen Entlastung im Stadt- raum durch Schaffung zusammenhängender Grün- und Freiflächen	Dauer-aufgabe	flächen-deckend – fortlaufend	Kommunen	Einwohnerinnen und Einwohner	I-SR-3, R-SR-1, R-SR-2





Nr.	Kurzbeschreibung	Stand	Charakter	Akteurinnen, Akteure	Profiteurinnen, Profiteure	Verknüpfungen
SR3	Dichtekonzeption zur Sicherung der Durchlüftung und anderer stadtkölogischer Qualitäten	Dauer-aufgabe	flächen-deckend – fortlaufend	Kommunen	Einwohnerinnen und Einwohner	I-SR-3, R-SR-1, R-SR-2
SR4	Beachtung der Durchlüftung bei der Festsetzung baulicher Anlagen	Dauer-aufgabe	flächen-deckend – fortlaufend	Kommunen	Einwohnerinnen und Einwohner	I-SR-3
SR5	Begrünung von Flächen sowie Dächern und Fassaden baulicher Anlagen durch effektive Umsetzung der bauordnungsrechtlichen Vorgaben bzw. Festsetzung in Bebauungsplänen	Dauer-aufgabe	flächen-deckend – fortlaufend	Kommunen	Einwohnerinnen und Einwohner, Bewohnerinnen und Bewohner	I-SR-3, KLIMOPASS
SR7	Verschattung und Kühlung öffentlicher Raum	Dauer-aufgabe	flächen-deckend – fortlaufend	Kommunen, Verkehrsunternehmen	Einwohnerinnen und Einwohner	I-SR-3, R-SR-2
SR8	Stärkere Berücksichtigung des Klimawandels bei Raumordnungsverfahren	Abgeschlossen durch Novellierung des UVPG v. 20. Juli 2017	fortlaufende Vollziehung des neuen UVPG	Regierungspräsidien	Einwohnerinnen und Einwohner	R-SR-2
SR9	Durchführung von Stadtbaumaßnahmen zur klimangepassten Siedlungsentwicklung durch Städtebauförderung / Stadterneuerung	Dauer-aufgabe	punktuell in den jeweiligen Städten – fortlaufend	Kommunen	Einwohnerinnen und Einwohner	R-SR-1, R-SR-2, SR 3, WA 5

In der Tabelle werden folgende Abkürzungen verwendet: ForstBW AÖR – Anstalt öffentlichen Rechts Forst Baden-Württemberg; FVA – Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg; JuM – Ministerium für Justiz und für Europa Baden-Württemberg; LSZ – Landesanstalt für Schweinezucht; LUBW – Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg; LVG – Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau; MLR – Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg; RB – Regierungsbezirk; RP – Regierungspräsidium; SM – Ministerium für Soziales und Integration Baden-Württemberg; UVPG – Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung; WBI – Staatliches Weinbauinstitut Freiburg; WM – Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg



Zusammenfassende Bewertung und Ausblick





Klimaentwicklung

ES IST NICHT NUR WÄRMER, SONDERN AUCH HEISSER GEWORDEN

Die Wetterbeobachtungen zeigen unmissverständlich, dass der Klimawandel in Baden-Württemberg stattfindet und sich besonders seit den 1990er-Jahren immer rasanter entwickelt. Die Temperaturen sind in allen Regionen Baden-Württembergs angestiegen. Seit Beginn der Aufzeichnungen 1881 bis ins Jahr 2019 hat die mittlere Jahrestemperatur in Baden-Württemberg um $1,5^{\circ}\text{C}$ zugenommen. Besonders gravierend ist die Zunahme von mehr als 1°C in den letzten 30 Jahren, die in allen Regionen Baden-Württembergs zu beobachten ist. Fast in jedem Jahr ab 2000 sind die Temperaturrekorde in Folge gebrochen worden und es zählen seitdem bereits 16 Jahre zu den 20 wärmsten in Baden-Württemberg. Zuletzt wurde 2018 mit $10,4^{\circ}\text{C}$ ein neuer Höchstwert der Jahresmitteltemperatur für Baden-Württemberg erreicht und das vergangene Jahr 2019 zählt gemeinsam mit 2015 und 1994 und einer Durchschnitttemperatur von $9,9^{\circ}\text{C}$ zu den drittwärmsten Jahren.

Von besonderer Bedeutung ist, dass es nicht nur wärmer, sondern vor allem auch heißer geworden ist. So hat sich im Land beispielsweise die Anzahl Heißer Tage mit Temperaturen über 30°C im Zeitraum 1990 bis 2019 im Vergleich zum internationalen Referenzzeitraum (1961–1990) von durchschnittlich fünf auf zehn pro Jahr verdoppelt. Besonders spürbar sind diese Veränderungen in den Niederungen wie dem Oberrheingraben oder der Rhein-Neckar-Region. Andererseits nehmen Kältekennwerte wie Eis- und Frosttage ab.

Die Jahresniederschläge haben statistisch signifikant zugenommen, jedoch sind die Schwankungen zwischen den Jahren sehr groß. Beim Langzeitvergleich der Jahreszeiten zeigt sich, dass die Winter seit 1881 signifikant feuchter geworden sind und die Sommer eher trockener. In der jüngeren Zeit, seit 1961, hat

sich der Trend im Winter etwas abgeschwächt und die Abnahme im Sommer ist stärker geworden. Auffallend sind die regionalen Unterschiede der Niederschläge, weshalb landesweite Trendaussagen mit Vorsicht interpretiert werden müssen. Die Frage, ob Niederschlags-extreme häufiger geworden sind oder nicht, lässt sich nicht eindeutig beantworten. Gründe sind die starke räumliche Heterogenität und die Schwierigkeit, die nur kleinräumig auftretenden Niederschlagsextreme zu erfassen. Die Auswertungen der Kooperation KLIWA „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ zeigen, dass sowohl Starkregentage als auch die maximalen eintägigen Gebietsniederschläge in der Vergangenheit zugenommen haben, wobei dies im hydrologischen Winterhalbjahr eindeutiger ist als im Sommerhalbjahr. Aussagen zu Trockentagen und Dürreperioden gibt es kaum. An den in diesem Bericht betrachteten sieben Stationen haben Trockentage jedoch tendenziell zugenommen.

ES KÖNNTE IN ZUKUNFT NOCH HEISSER WERDEN

Auf Basis eines im Vergleich zur Auswertung von 2013 räumlich besser aufgelösten und validierten Ensembles aus zehn dynamischen Modellen für das RCP8.5 wurde eine Aktualisierung der Klimatischen Leitplanken für Baden-Württemberg durch die LUBW vorgenommen.

Für die nahe Zukunft (Zeitraum 2021–2050) zeigen diese aktuellen Auswertungen einen weiteren Temperaturanstieg mit einer Bandbreite von $+0,8^{\circ}\text{C}$ bis $+1,8^{\circ}\text{C}$ gegenüber der Durchschnittstemperatur des Vergleichszeitraums 1971–2000. Zum Ende des Jahrhunderts (2071–2100) könnten die Temperaturen gar um $+3^{\circ}\text{C}$ bis $+4,5^{\circ}\text{C}$ gegenüber 1971–2000 zunehmen. Damit ergibt sich eine Verschlechterung der Zukunftsaussichten für die ferne Zukunft gegenüber den damaligen Klima-



leitplanken von $+3,6^{\circ}\text{C}$ auf $+4,5^{\circ}\text{C}$ im extremsten Fall. Besonders gravierend wäre die enorme Temperaturzunahme in den Hochlagen. So könnten in der fernen Zukunft in den Hochlagen des Schwarzwaldes Temperaturen herrschen wie sie heute im Oberrheingraben oder der Rhein-Neckar-Region gemessen werden; mit zahlreichen negativen Folgen.

Verbunden mit der Erwärmung werden auch Tage mit extrem hohen Temperaturen zunehmen. Die durchschnittliche Anzahl der Sommertage mit Temperaturen über 25°C könnte nach den Computermodellen beispielsweise im Rheingraben und Rhein-Neckar-Raum von derzeit etwa 70 auf über 100 Tage in der fernen Zukunft im extremsten Fall (Maximum)

ansteigen. Mehr als die Hälfte davon könnten dann Heiße Tage mit Temperaturen über 30°C sein. Im Rheingraben in Karlsruhe kann das beispielsweise heißen, dass wir statt bisher pro Jahr durchschnittlich circa 16 Tagen (1971–2000) in der nahen Zukunft circa 35 (2021–2050) und in der fernen Zukunft (2071–2100) bis über 50 Heiße Tage haben werden.

Für die Entwicklung der Niederschläge ergeben sich keine klaren Tendenzen. Zum Ende des Jahrhunderts zeigen jedoch die meisten Modelle eine Abnahme der Sommerniederschläge und eine Zunahme der Winterniederschläge. Häufigere trockene, heiße Sommer und milde, nasse Winter könnten dann die Folge sein.

Klimafolgen und Anpassung in den Handlungsfeldern

Mit dem Monitoringbericht 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 diese Erkenntnisse für die weitere Umsetzung der Anpassungsstrategie zu nutzen.

Zahlreiche Hinweise und Belege zeigen bereits, dass der Klimawandel in Baden-Württemberg Auswirkungen hat und sich diese Entwicklung auch in Zukunft fortsetzen wird. Im Gegenzug konnten aber auch einige Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden, um die Folgen abzumildern oder die sich ergebenden Chancen zu nutzen.

KLIMAFOLGEN UND ANPASSUNG WERDEN SICHTBARER

Im Vergleich zum letzten Berichtszeitraum zeichnen sich die Klimafolgen im aktuellen Monitoringbericht deutlicher ab. Bei insgesamt 20 Impact-Indikatoren (Klimawandelfolgen) aus allen Handlungsfeldern zeigen sich

bereits statistisch signifikante Entwicklungen. In den meisten Handlungsfeldern gilt dies für zwei oder mehr Indikatoren, in den Handlungsfeldern Boden, Gesundheit sowie Stadt- und Raumplanung zumindest für einen Indikator. Signifikante Trends sind dabei vor allem bei Indikatoren, die mit Temperaturänderungen zusammenhängen, etwa die Verschiebung phänologischer Phasen (Indikatoren I-LW-1, I-NA-1) oder die Temperatur von Seen (I-WH-5), oder bei Indikatoren, die auf ausgeprägte Trockenheit reagieren, beispielsweise das Waldbrandrisiko (I-FW-5) oder die Bodenvorräte unter landwirtschaftlichen Böden (I-BO-1), zu verzeichnen.

In sechs Handlungsfeldern gibt es Impact-Indikatoren, für die keine signifikanten Entwicklungstrends ermittelt werden konnten. Insgesamt trifft dies für zehn Indikatoren zu. Für mehrere Indikatoren ist der Grund darin zu sehen, dass die Zeitreihen stark durch diskontinuierliches Auftreten von Extremwerten geprägt sind, zum Beispiel die Schäden an Gebäuden durch Extremereignisse (I-SR-1, I-SR-2). In einigen Fällen kann dies aber auch





„positiv“ bewertet werden, weil es bedeutet, dass die erwartete Folgewirkung bislang noch nicht in einem nachweisbaren Maß eingetreten ist.

Für insgesamt zehn Indikatoren liegen nur kurze Datenreihen vor, bei denen die Erhebungshäufigkeit noch nicht ausreicht, um eine statistische Bewertung vornehmen zu können. Dies betrifft insbesondere das Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft, für das viele Daten der Bundeswaldinventur entstammen, die in einem zehnjährlichen Turnus durchgeführt wird.

Auf der Response-Ebene (Klimawandelanpassung) zeigen die Datenreihen bei sieben von 22 Indikatoren einen interpretierbaren statistischen Trend. Sie bilden Entwicklungen ab, die im Sinne von Anpassung günstig oder zumindest teilweise eine Reaktion auf das sich ändernde Klima sind, zum Beispiel der signifikant zunehmende Anbau von wärmeliebenden Kulturarten und Sorten (R-LW-1, R-LW-2) oder der steigende Anteil der Erholungs- und Friedhofsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (R-SR-1). Bei sechs weiteren Response-Indikatoren ist die Zeitreihe noch zu kurz, beispielsweise weil Maßnahmen erst in jüngerer Zeit eingeleitet werden konnten oder die Daten sehr niederfrequent in einem mehrjährigen Abstand erhoben werden. Kurze Zeitreihen für Response-Indikatoren gibt es in den Handlungsfeldern Wald und Forstwirtschaft sowie Wasserhaushalt.

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. Impact-Indikatoren können auch durch bereits eingeleitete oder bestehende Maßnahmen beeinflusst werden: Die Waldbrandfläche ist trotz eines steigenden Waldbrandrisikos zurückgegangen,

weil unterschiedliche Präventionsmaßnahmen greifen (I-FW-5). Die rückläufige Wasserverwendung für die Kühlung konventioneller Kraftwerke ist gut für das Energiesystem, das unabhängiger von der Ressource Wasser wird; gleichzeitig werden die Flüsse durch die geringere Einleitung der Abwärme entlastet (R-WE-1, R-WE-2).

Diese und andere Beispiele zeigen: Günstige Entwicklungen bei Response-Indikatoren müssen nicht explizit durch Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel bedingt sein. Ihnen können auch andere politische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Ziele zugrunde liegen, die dann aber unterstützend für die Anpassung wirken.

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 allgemeingültigen Schlussfolgerungen ziehen.

WALD UND FORSTWIRTSCHAFT: ALTERNATIVE WALDUMBAU UND RISIKOMANAGEMENT

Steigende Risiken, weniger Zuwachs: Immer mehr Fichtenbestände sind gefährdet, weil sie auf ungeeigneten Standorten stehen. Auch für die Buche haben gute Standorte abgenommen (Indikator I-FW-1). Diese Baumarten zeigten zuletzt geringere Zuwächse (I-FW-2).

Mehr Schädlinge durch Extremereignisse: Stürme und Insekten bestimmen das Schadholzaufkommen. Schädlinge profitieren, wenn Wälder bereits geschwächt sind – durch Stürme oder auch Hitze (I-FW-4). Dies war offenbar immer häufiger der Fall: Seit den 1960er-Jahren sind die Schäden durch Insekten und Pilze signifikant angestiegen (I-FW-3).

Nicht mehr Waldbrand: Obwohl das Waldbrandrisiko signifikant angestiegen ist, nahm die Waldbrandfläche signifikant ab. Das weist



darauf hin, dass präventive Maßnahmen greifen und Waldbrände wirksam bekämpft werden (I-FW-5).

Waldumbau und Verjüngung: Baden-Württembergs Wälder werden zu Mischwäldern umgebaut, um sie widerstandsfähiger gegen klimabedingte Schäden und Kalamitäten zu machen (R-FW-2). Dabei hilft es, dass die Verjüngung mit Laubbäumen, vor allem Buche und Eiche, zugenommen hat. Genressourcen von Haupt- und Nebenbaumarten werden gezielt gesichert, um Pflanzmaterial mit standortangepassten Herkünften verwenden zu können (R-FW-3, siehe Maßnahme FW6).

Aus- und Weiterbildung für Anpassung: Forstliche Aus- und Fortbildungsveranstaltungen richteten sich gezielt auf das Themenfeld Klimawandel und Anpassung (R-FW-4, siehe Maßnahme FW2).

LANDWIRTSCHAFT: VIELE RISIKEN, ABER AUCH NEUE CHANCEN

Längere Vegetationsperiode: Die Klimaerwärmung lässt den Winterraps früher blühen. Die Vegetationsperiode hat sich verlängert (Indikator I-LW-1).

Größere Unsicherheiten bei der Ertragsentwicklung: Die Klimaerwärmung bringt günstigere Durchschnittstemperaturen, aber auch mehr Extreme wie Hitze und Trockenheit. Daher schwanken die Erträge witterungsbedingt stark zwischen den Jahren – ein Risiko für landwirtschaftliche Betriebe (I-LW-2).

Auswirkungen auf die Produktqualität: Witterungsextreme beeinflussen auch die Qualität von Ernteprodukten, etwa von Wein: Gängige Rebsorten wie der Riesling leiden unter zu viel Wärme, andererseits wird der Anbau von wärmebedürftigen Rotweinsorten (beispielsweise Cabernet Sauvignon, Syrah) hierzulande eher möglich (I-LW-3).

Mehr Schädlinge: Infolge der höheren Temperaturen können Schädlinge wie der Maiszüns-

ler mehrere Generationen im Jahr bilden und ihren Wirt mehrfach schädigen. Die Grüne Reismanne und andere neue Arten können sich etablieren und ausbreiten (I-LW-4, siehe Maßnahme LW3).

Neue Arten und Sorten: Der Klimawandel eröffnet die Chance, verstärkt Arten wie Soja oder Hirse zu kultivieren (R-LW-1). Auf den Weinbergen finden sich immer häufiger auch wärmeliebende Rebsorten wie Merlot und Cabernet Sauvignon (R-LW-2, siehe jeweils Maßnahme LW7).

Angepasste Bewirtschaftung: Das Land Baden-Württemberg fördert vielgliedrige Fruchtfolgen im Ackerbau und andere Maßnahmen, mit denen landwirtschaftliche Betriebe Anbau Risiken verringern können (R-LW-3; siehe Maßnahme LW2). In warmen und trockenen Sommern lassen sich Erträge durch Bewässerung sichern oder steigern (R-LW-4, siehe Maßnahme LW6).

Mehr landwirtschaftliche Versicherungen: Die Versicherungsdichte gegen Sturm und Starkregen ist gestiegen (R-LW-5).

BODEN: BODENSCHUTZ IMMER WICHTIGER

Bodenwasservorrat teilweise kritisch: Allgemein fallen die Bodenwasservorräte unter landwirtschaftlichen Kulturen regelmäßig auf ein Niveau, das für Pflanzen Trockenstress bedeutet (Indikator I-BO-1).

Regenwürmer beeinträchtigt: Trockene Jahre bedeuten massive Einschnitte für Regenwurmpopulationen. Insbesondere tiefgraben-de Formen gingen in Baden-Württemberg daher stark zurück (I-BO-2).

Bodenschonende Landbewirtschaftung: Das Programm FAKT und das EU-Greening fördern die Zwischenbegrünung von landwirtschaftlichen Flächen, die die Böden schützt und den Abtrag von Bodenpartikeln verringert (R-BO-1).





NATURSCHUTZ UND BIODIVERSITÄT: WÄRMELIEBHABER IM VORTEIL

Veränderte Phänologie: Verglichen mit dem Zeitraum 1951–1980 beginnen Frühling, Sommer und der deutlich ausgedehntere Herbst früher im phänologischen Jahr, der Winter setzt deutlich später ein und endet früher (Indikator I-NA-1).

Wärmeliebende Tiere und Pflanzen begünstigt: Wärmeliebende Insekten- und Flechtenarten haben sich ausgebreitet, das Artenspektrum hat sich zu ihren Gunsten verschoben (I-NA-2, I-NA-3).

Für Tier- und Pflanzenarten und für Lebensräume, die durch den Klimawandel besonders bedroht sind, bedarf es dagegen zielgerichteter Pflegemaßnahmen, um heutige Bestände zu stabilisieren. Beispiele sind das Auerhuhn oder der Schutz von Mooren (siehe Maßnahme FW9) und die Stärkung des landesweiten Biotopverbunds.

WASSERHAUSHALT: HETEROGENES BILD BEIM WASSERHAUSHALT

Noch kein klarer Trend beim Grundwasser: Quellschüttungen und Grundwasserstände zeigen bisher keine gravierenden Veränderungen. Monate mit niedrigen Messständen traten aber regelmäßig auf (Indikator I-WH-1, siehe Maßnahme WH7).

Einflüsse auf das Abflussgeschehen: Die mittleren Abflüsse haben im Winter tendenziell zugenommen, im Sommer zeigen sie keine eindeutige Entwicklung. Kleinere und mittlere Hochwasser haben an rund 80% der Pegel zugenommen; Niedrigwassertage bisher nicht (I-WH-2, I-WH-3, I-WH-4).

Steigende Temperaturen im Bodensee: Die Oberflächenwassertemperatur im Bodensee ist signifikant angestiegen, besonders stark im Sommer (I-WH-5); mildere Winter sorgen für eine schlechtere Durchmischung und für weniger Sauerstoff im Tiefenwasser. Für Tiere

und Pflanzen ändern sich die Lebensbedingungen im See (I-WH-6).

Uferbewuchs zu verbessern: Die Uferstrukturen sind vielerorts naturfern und spenden für die meisten Gewässer keinen kühlenden Schatten. Es besteht erheblicher Handlungsbedarf (R-WH-2, siehe Maßnahme WA8).

Hochwasserschutz: Steigende Aufwendungen für den Hochwasserschutz und der „Lastfall Klimaänderung“ sichern Gewässeranrainerinnen und -anrainer nachweislich gegen steigende Hochwasserrisiken (R-WH-3, siehe Maßnahme WA1).

TOURISMUS: GÜNSTIGERE BEDINGUNGEN IM SOMMER, UNGÜNSTIGERE IM WINTER

Sommertourismus begünstigt: Für den Sommertourismus sind die Klimabedingungen in ganz Baden-Württemberg immer günstiger geworden (Indikator I-TO-1). Auch deswegen hat das Land mehr Gäste angezogen – in der Hauptsaison und in der Nebensaison (I-TO-2).

Herausforderungen für den Wintertourismus: Im Nordschwarzwald sind die Schneeverhältnisse ungünstiger geworden (I-TO-3). Unabhängig davon ist der Schwarzwald für viele Wintertouristinnen und -touristen attraktiv geblieben (I-TO-4).

Nachhaltiger Tourismus: Destinationen mit der Zertifizierung „Nachhaltiges Reiseziel Baden-Württemberg“ setzen auf nachhaltige Tourismusstrategien und bringen damit auch die Klimawandelanpassung voran (R-TO-1, siehe Maßnahme TO1).

GESUNDHEIT: BELASTUNGEN DURCH HITZE, KRANKHEITSERREGER UND ALLERGENE POLLEN

Hitze und ihre Folgen: Die Zahl der Hitze警告en bleibt auf einem hohen Niveau (Indikator I-GE-1). Starke Belastungen durch Hitze und Hitzewellen führten in besonders



heißen Jahren zu einer erhöhten Sterblichkeit (I-GE-2, siehe Maßnahme GE1).

Überträger von Krankheitserregern: Vektoren wie die Tigermücke sind häufiger geworden. Sie können Infektionskrankheiten übertragen, die bisher bei uns nicht verbreitet waren (I-GE-3, siehe Maßnahme GE5).

Allergene Pflanzen: Die hochallergene Ambrosia hat sich weiter ausgebreitet. Großbestände werden zunehmend bekämpft, um die Ausbreitung einzudämmen (I-GE-4, R-GE-1, siehe Maßnahme GE5).

STADT- UND RAUMPLANUNG: STÄDTE UND ORTSCHAFTEN WETTERFEST MACHEN

Schäden durch Extremereignisse: Extreme Stürme, Hagelschlag, Starkregen und Sturzfluten verursachten immer wieder hohe Schäden in kurzer Zeit. Statistisch signifikante Trends zeigen sich bislang aber nicht (Indikatoren I-SR-1, I-SR-2, siehe Maßnahme WI3).

Wärmebelastungen in Städten: In den exemplarisch untersuchten Städten Karlsruhe und Stuttgart nahmen die Heißen Tage, in Karlsruhe auch die Tropennächte signifikant zu (I-SR-3, siehe Maßnahme SR6).

Erholungs- und Friedhofsfläche: In den baden-württembergischen Großstädten stieg der Anteil der Erholungs- und Friedhofsfläche an der ebenfalls zunehmenden Siedlungs und Verkehrsfläche signifikant (R-SR-1).

Siedlungs- und Verkehrsfläche: Das Wachstum für Siedlung und Verkehr genutzten Fläche verlangsamte sich signifikant (R-SR-2, siehe Maßnahme SR10 sowie Maßnahmen BO1 und BO2).

Klimawandelanpassung in Kommunen: Immer mehr Städte und Gemeinde entwickelten Klimaanpassungspläne oder sind anderweitig in der Klimawandelanpassung aktiv (R-SR-3).

WIRTSCHAFT UND ENERGIEWIRTSCHAFT: BEI STROMVERSORGUNG UND WASSERNUTZUNG AUF GUTEM WEG

Auswirkungen auf die Rheinschifffahrt: Die Einschränkungen des Schiffsverkehrs durch Niedrigwasser nahmen signifikant zu (Indikator I-WE-1).

Stromversorgung stabil: Im Mittelspannungsnetz nahmen wetterbedingte Unterbrechungen signifikant ab. Auch die Dauer von wetterbedingten Stromausfällen in der Mittelspannung ging signifikant zurück (I-WE-2, I-WE-3).

Wasserverwendung in der Wirtschaft: In der Wirtschaft und Energiewirtschaft wurde signifikant weniger Wasser verbraucht und die Wasserproduktivität gesteigert (R-WE-1).

Wärmeeinleitungen von Kraftwerken: Die Einleitung von Abwärme aus Kernkraftwerken in Gewässer ging seit dem Jahr 2000 signifikant zurück (R-WE-2).

Weiterentwicklung des Monitorings

Die differenzierte Topografie Baden-Württembergs erfordert den kontinuierlichen Betrieb einer repräsentativen Anzahl von meteorologischen Messstellen. In den vergangenen Jahren sind leider langjährig betriebene Messstationen aufgelöst oder verlegt worden, was eine kontinuierliche Beobachtung und die Auswertung langjähriger Entwicklungen

schwierig macht. Auch zukünftig wird eine methodische Harmonisierung und Bereitstellung von meteorologischen Daten zwischen den Ländern, dem DWD sowie anderen beteiligten Einrichtungen angestrebt.

Für die Ermittlung der zukünftigen Klimaentwicklung mit Klimamodellen werden





nach wie vor die Aufgaben gesehen, die Niederschlagsmodellierungen belastbarer zu machen und für die praktische Anwendung zur Analyse von Klimafolgen und Planung von Anpassungsmaßnahmen verwendbare Datensätze mit geeigneten Klimakennwerten bereitzustellen.

Die vorliegende Beschreibung von Klimawandelfolgen und Anpassungsmaßnahmen mittels Indikatoren ist das Ergebnis eines intensiven ressortübergreifenden Entwicklungs- und Abstimmungsprozesses. Im Vergleich zum letzten Bericht konnte das Indikatorenset, insbesondere hinsichtlich der Response-Indikatoren, erweitert und ausgebaut werden. Dennoch gilt weiterhin, dass vor allem solche Indikatoren betrachtet werden, 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 und verglichen mit dem letzten Bericht ein eindeutigeres Bild der eingetretenen Klimafolgen und der Anpassungsanstrengungen. Gleichwohl gibt es immer noch viele rele-

vante Themen in den Handlungsfeldern, die auch mit diesem erweiterten Indikatorenset nicht thematisiert werden konnten. In einigen Handlungsfeldern wie „Naturschutz und Biodiversität“, „Boden“, „Tourismus“ und „Gesundheit“ fehlt es nach wie vor an ausreichenden Response-Indikatoren. Der Grund ist der höhere Aufwand für die Datenbereitstellung und -auswertung sowie für die inhaltliche Abstimmung. Es bedarf einer verbindlichen Zuständigkeitszuordnung und klareren Struktur, um diesen Aufwand in Zukunft zu reduzieren und die Umsetzung von Maßnahmen besser beobachten und beurteilen zu können. Die Berichterstattung sollte klar in den Umsetzungsprozess von Maßnahmen integriert werden und die jeweiligen Akteurinnen und Akteure müssen gewonnen und gefördert werden.

Die hohe Dynamik des Wissens- und Erkenntnisfortschritts in den Handlungsfeldern zum Themenfeld Klimawandel und Anpassung erfordert, dass das Indikatorenset immer wieder kritisch reflektiert, gegebenenfalls angepasst und erweitert wird. Gleichzeitig sind für belastbare Aussagen lange Datenreihen unerlässlich.

Umsetzung der Anpassungsstrategie und Vorschläge zu ihrer Weiterentwicklung

Mit der Veröffentlichung der Anpassungsstrategie 2015 wurde ein Prozess zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Gang gesetzt. Mit 76 Maßnahmen in neun Handlungsfeldern sollen mögliche klimawandelbedingte Schäden abgemindert und sich ergebende Chancen genutzt werden.

Ein Großteil der Maßnahmen befindet sich in der Umsetzung. In allen Handlungsbereichen zeigt sich, dass die Notwendigkeit, sich an die ändernden klimatischen Bedingungen anzupassen, erkannt wurde und angegangen wird. Vor allem in den Handlungsfeldern Wald und Forstwirtschaft, Landwirtschaft sowie Wasser-

haushalt wird eine Vielzahl der Maßnahmen durch konkrete Aktivitäten umgesetzt.

Jedoch ist auch festzustellen, dass sich hinsichtlich einzelner Maßnahmen noch keine festen Strukturen etabliert haben. Dies mag zum einen daran liegen, dass einzelne Maßnahmenvorschläge sehr weit gefasst sind, wie etwa die Maßnahme GE8 „Programm zur Verbesserung des Raumklimas für kleine und mittlere Unternehmen“. Insoweit führt eine Unklarheit bezüglich des Inhalts der Maßnahme auch oftmals zu einer geringeren Verbindlichkeit. Zum anderen sind die Zuständigkeiten hinsichtlich einzelner Maß-



nahmen nicht abschließend geklärt bzw. nur vage beschrieben. Hinzu kommt, dass einige der Maßnahmen, etwa TO2 „Radland Baden-Württemberg ausdehnen“, ressortübergreifenden Charakter haben und eine klare Festlegung hinsichtlich der Federführung fehlt.

Da die Umsetzung vieler Anpassungsmaßnahmen auch in der Zuständigkeit der Fachressorts außerhalb des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft liegt und diese zum Teil neuen Maßnahmen traditionell nicht zum „Kerngeschäft“ der Ressorts gehören, bedarf es hinsichtlich jeder Maßnahme einer verbindlichen Zuständigkeitszuordnung in der Anpassungsstrategie selbst. Es sollte sowohl auf oberster Verwaltungsebene feststehen, welches Ministerium die Federführung hinsichtlich einer Maßnahme hat, als auch, wer diese jeweils ausführt. Dies gilt ebenso für Maßnahmen, die außerhalb des Verantwortungsbereichs der Landesverwaltung liegen. Hier sollte klarer geregelt werden, wer die entsprechenden Akteurinnen und Akteure, zum Beispiel durch Sensibilisierung und Hilfestellung, unterstützt, da sie beispielsweise die Kommunen oder Unternehmen ansprechen. Die Berichterstattung

sollte klar in den Umsetzungsprozess von Maßnahmen integriert werden.

Im Rahmen der kommenden Fortschreibung der Anpassungsstrategie ist es daher zwingend erforderlich, ressortübergreifend die Verantwortlichkeiten und Abläufe für die Umsetzung der Anpassungsstrategie festzulegen. Darüber hinaus ist der Maßnahmenkatalog zu überprüfen und es sind geeignete Indikatoren für deren Umsetzung auszuwählen. Die Zuordnung einer Maßnahme als Antwort auf eine festgestellte konkrete Vulnerabilität sollte insoweit besser hervorgehoben werden. Sinnvoll könnte zudem die Reduzierung der Maßnahmen sein, damit sich die zuständigen Akteurinnen und Akteure auf die Umsetzung der wichtigen Maßnahmen mit der größten Wirksamkeit fokussieren können. Überdies erscheint die Konkretisierung einiger Maßnahmen notwendig.

Generell sollten weiterhin die jeweiligen Akteurinnen und Akteure für das Thema Anpassung sensibilisiert und informiert werden, um die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen weiter voran zu treiben.

Glossar

Blau-grüne Infrastruktur

Der Begriff umschreibt eine Vielzahl an Anpassungsmaßnahmen, mit denen durch die Kombination aus Wasserrückhalt und Vegetation positive Effekte für Regenwassermanagement, Klima-, Natur- und Gesundheitsschutz gleichzeitig erzielt werden. Darunter fallen zum Beispiel technische Anlagen der Wasserspeicherung, die mit begrünten Hausdächern und Fassaden verbunden sind, um sie in Trockenphasen bewässern zu können. Das ermöglicht zugleich und ohne großen Platzbedarf die Reduktion der Folgen von Starkregenereignissen, bietet Tieren und Pflanzenarten einen Lebensraum und sorgt bei Hitze für Abkühlung. Auch klassische Naherholungsbereiche wie Parks mit alten Baumbeständen und Wasserflächen zählen zur blau-grünen Infrastruktur.

Extremereignisse

Extremereignisse sind sowohl hinsichtlich der Größe als auch der statistischen Seltenheit ihres Auftretens extrem (zum Beispiel „Hundertjähriges Hochwasser“). Aufgrund ihrer Seltenheit kann eine zukünftige Veränderung hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens und der Ereignisgröße nur schwer statistisch abgesichert werden. So ist es zum Beispiel mit fortschreitender Erwärmung 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 Weinanbaugebiete. 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 beispielsweise mit einem Huglin-Index von 1.500 aus, ein Merlot braucht 1.900.

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. Klimamodelle beschreiben die Vergangenheit und die zukünftige Entwicklung. Über die Projektion der Vergangenheit helfen sie das Klima der Erdgeschichte zu verstehen und die Güte der Modelle zu verifizieren. Zudem wird mit solchen Modellen untersucht, welche Effekte Änderungen äußerer Faktoren, zum Beispiel das menschliche Handeln, auf das zukünftige Klima haben und wie sich Klimaänderungen weltweit und regional auswirken können.

**Klimamodell
– Projektion und
Szenario**

Die Entwicklung der Weltwirtschaft und unsere Lebensstile (und damit der Ausstoß klimawirksamer Substanzen) lässt sich nicht vorhersehen. Daher werden verschiedene Annahmen über die möglichen Entwicklungen getroffen, die dann durch Szenarien beschrieben werden. Für jedes Szenario werden die Entwicklungspfade von Treibhausgasemissionen und klimawirksamen Substanzen sowie die daraus folgenden atmosphärischen Konzentrationen berechnet. Diese atmosphärischen Konzentrationen werden den globalen Klimamodellen vorgeschrieben, die die Auswirkungen auf das Klimasystem simulieren. Bei Klimasimulationen, die mit solchen Szenarien die zukünftige Entwicklung rechnen, spricht man daher auch von „Projektionen“ und nicht von Prognosen.

**Klimamodell
– Richtungs- und
Aussagesicherheit**

Klimamodelle können grundsätzlich keine Prognose in der Art, wie wir sie aus der Wettervorhersage kennen, für die Zukunft abgeben, da die Einflussfaktoren vielfältiger und die Zeiträume weitaus größer sind.

Sie können jedoch plausible Entwicklungen aufzeigen, die unter bestimmten Annahmen (wie künftige Treibhausgasemissionen, Bevölkerungsentwicklung, Wirtschaftsentwicklung) eintreten könnten. 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 bzw. Szenarios eintreten wird (Richtungssicherheit).

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

Beim Niederschlag und bei Extremereignissen sind die Modellstreuungen noch recht groß. Zudem werden von den Modellen eines Ensembles sowohl Zunahmen als auch Abnahmen des Niederschlags erwartet, sodass keine Richtungssicherheit gegeben ist.

Klimasignal

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

Modellensemble

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.

Median

Der Median ist ein Mittel- bzw. Zentralwert in einer statistischen kontinuierlichen Verteilung. Er entspricht demjenigen Wert, der genau in der Mitte steht, wenn alle Werte der Verteilung der Größe nach sortiert sind.

MQ = Mittlere Abflusshöhe	Das Wasservolumen, das je Zeiteinheit einen Fluss- oder Bachquerschnitt durchfließt, wird als Abfluss oder Durchfluss, gemessen in Kubikmeter je Sekunde (m ³ /s) bzw. Liter je Sekunde (l/s), bezeichnet. Der Abfluss bezogen auf die Fläche des zugehörigen Einzugsgebietes wird als Abflusshöhe in mm pro Zeiteinheit definiert. Die mittlere Abflusshöhe (MQ) gibt die langjährige durchschnittliche Abflusshöhe in einem Einzugsgebiet an.
MHQ = Mittlerer Hochwasserabfluss	Der mittlere Hochwasserabfluss ist eine statistische Maßzahl aus der Pegelbeobachtung und wird in Kubikmeter je Sekunde (m ³ /s) bzw. Liter je Sekunde (l/s) angegeben. Er wird als arithmetisches Mittel aus den höchsten Abflüssen gleichartiger Zeitabschnitte für die Jahre eines längeren Beobachtungszeitraums berechnet.
MNQ = Mittlerer Niedrigwasserabfluss	Der mittlere Niedrigwasserabfluss ist eine statistische Maßzahl aus der Pegelbeobachtung und wird in Kubikmeter je Sekunde (m ³ /s) bzw. Liter je Sekunde (l/s) angegeben. Er wird als arithmetisches Mittel aus den niedrigsten Abflüssen gleichartiger Zeitabschnitte für die Jahre 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.
Phänologie	Die Phänologie ist die Lehre vom Einfluss des Wetters, der Witterung und des Klimas auf die im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungserscheinungen der Pflanzen und Tiere. Phänologische Phasen bei Pflanzen sind gut zu beobachtende Entwicklungserscheinungen 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. Es gibt vier RCPs (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 und RCP8.5), die ähnlich den Vorgängerszenarien, den SRES-Szenarien, höhere oder weniger hohe zukünftige Entwicklungen der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre mit einer daraus resultierenden zusätzlichen „Energiezufuhr“ (Strahlungsantrieb) für das Klima bis 2100 abbilden. Im „Weiter-wie-bisher-Szenario“ (RCP8.5) wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2100 8,5 Watt je Quadratmeter (W/m ²) zusätzlich zur solaren Einstrahlung der vorindustriellen Zeit zur Erwärmung beitragen. Diese resultiert aus einem fortgesetzten Anstieg der Treibhausgasemissionen bis zum Ende des Jahrhunderts. Das „Klimaschutzszenario“ (RCP 2.6), mit dem das 2°-Ziel erreicht werden könnte, weist hingegen Emissionsspitzen zwischen 2010 bis 2020 auf und geht von einer anschließenden substantziellen Treibhausgasabnahme durch Klimaschutzmaßnahmen aus.
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 des IPCC setzt sich die Vulnerabilität aus der Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität zusammen. 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.
Sommerniederschlag [mm]	Niederschlagssumme für die Monate Juni, Juli und August
Winterniederschlag [mm]	Niederschlagssumme für die Monate Dezember sowie Januar und Februar des Folgejahres
Niederschlag hydrologischer Sommer [mm]	Niederschlagssumme für die Monate Mai bis Oktober.
Niederschlag hydrologischer Winter [mm]	Niederschlagssumme für die Monate November bis April des Folgejahres.
Huglin-Index [o.E.]	Temperatursumme oberhalb 10 °C im Zeitraum 1. April bis 30. September

Abkürzungen

Abs.	Absatz
bzw.	beziehungsweise
DWD	Deutscher Wetterdienst
EU	Europäische Union
FAKT	Förderprogramm für Agrarumwelt, Klimaschutz und Tierwohl
ForstBW AöR	Anstalt öffentlichen Rechts Forst Baden-Württemberg
FVA	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
GAK	Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“
HWRM	Hochwasserrisikomanagement
HWRM-RL	EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Weltklimarat)
KABS e.V.	Kommunale Arbeitsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage
KSG BW	Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg
L TZ	Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
LVG	Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau
MEKA	Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich
TMBW	Tourismusmarketing GmbH Baden-Württemberg
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
WBI	Weinbauinstitut Freiburg
WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie

Verwendete Einheiten

%	Prozent
°C	Grad Celsius
°Oe	Grad Oechsle
mm	Millimeter
cm	Zentimeter
m	Meter
m²	Quadratmeter
ha	Hektar
km²	Quadratkilometer
l	Liter
m³	Kubikmeter
m ü. NN	Meter über Normalnull
mg	Milligramm
g	Gramm
GWh	Gigawattstunde
Mio.	Millionen
o.E.	ohne Einheit

Literatur

Quellen

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

Global Carbon Project (2019): Global Carbon Budget 2019. *Earth System Science Data* 11: 1783–1838. doi.org/10.5194/essd-11-1783-2019

IPCC (2018): Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

LUBW – Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg.) (2013): Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg – Perspektiven aus regionalen Klimamodellen. Karlsruhe. <https://pd.lubw.de/33837>

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, LUBW – Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg.) (2017): Monitoring-Bericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg – Teil I Klimafolgen und Anpassung. Stuttgart.

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.

KLIWA-Kurzbericht (2019): Starkniederschläge – Entwicklungen in Vergangenheit und Zukunft. www.kliwa.de/_download/KLIWA-Kurzbericht_Starkregen.pdf

KLIWA (2016): Klimawandel in Süddeutschland, Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen – Monitoringbericht 2016. www.kliwa.de/_download/KLIWA_Monitoringbericht_2016.pdf

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

Weitere Literaturhinweise

Der Monitoringbericht Klimafolgen und Anpassung 2017 und die jeweiligen Factsheets mit den wissenschaftlichen Hintergrunddaten zu den einzelnen Indikatoren sind abrufbar unter: <https://www.lubw.badenwuerttemberg.de/klimawandel-und-anpassung/klimamonitoring>

Fachgutachten zur Anpassungsstrategie

www.lubw.baden-wuerttemberg.de/klimawandel-und-anpassung/klimafolgen-und-anpassung

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.

pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/20781

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.

pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/95300

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.

pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/79815

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.

pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/42553

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.

pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/98771

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.
pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/65497

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.
pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/39879

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.
pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/24761

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 Baden-Württemberg

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

www.euro-cordex.net
Verbundprojekt Euro-Cordex „Coordinated Downscaling Experiment – European Domain“

reklies.hlnug.de/home
Verbundprojekt ReKliEs-De „Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland“

Impressum

Die vorliegende Broschüre erfüllt die Funktion des Monitoringberichts nach § 9 des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg vom 23. 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 Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe www.lubw.baden-wuerttemberg.de
Bearbeitung und Redaktion	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg Ivo Fischer, Gregor Schönaich LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Dr. Kai-Achim Höpker, Dr. Sabrina Plegnière, Dr. Constanze Buhk Bosch & Partner GmbH, München Konstanze Schönthaler, Stefan von Andrian-Werburg
Grafik und Satz	Bosch & Partner GmbH, München
Bezug	Die Broschüre ist als Download im barrierefreien PDF-Format kostenlos erhältlich auf den Internetseiten des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (www.um.baden-wuerttemberg.de) und der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (www.lubw.baden-wuerttemberg.de)
Stand	Dezember 2020
Berichtsumfang	214 Seiten
Bildnachweis	Titel: Niedrigwasser am Hockenheimer Rheinbogen: © Themenpark Umwelt/C. Ritter; Schild Achtung Hochwasser: © animaflora/Fotolia.com; Flachdachbegrünung: © Wolfgang Cibura/Fotolia.com; Blauer Himmel mit Sonne: © Artenauta/Fotolia.com S. 7, 8: © Viktor/Fotolia.com S. 7, 12: © spuno/ Fotolia.com S. 7, 28: © tcsaba/Fotolia.com S. 7, 154: © maxxasatori/Fotolia.com S. 7, 196: © beeboys/Fotolia.com S. 32: © Sandra Dezenter/LUBW S. 34: © Dr. Sabrina Plegnière/LUBW S. 35: © Sandra Dezenter/LUBW S. 36, 40: © Dr. Constanze Buhk S. 42: © Emmler/RP Freiburg S. 44: © Petair/Fotolia.com S. 46: © A. Jacob/RP Freiburg S. 48: © Romolo Tavani/Fotolia.com S. 50: © Ulrike Klumpp/ForstBW AöR S. 52: © chrisberic/Fotolia.com S. 54: © Katja Kramer/LUBW S. 56: © Dr. Constanze Buhk S. 62: © Dusan Kostic/Fotolia.com S. 64: © Dr. Constanze Buhk S. 66: © Jörg Jenrich/LTZ S. 68: © Kerstin Stolzenburg/LTZ S. 72, 78: © Dr. Constanze Buhk S. 80: © Dr. Zelesny/Umweltministerium Baden-Württemberg S. 82: © Dr. Constanze Buhk S. 88: © Umweltministerium Baden-Württemberg S. 90: © Emmler/RP Freiburg S. 92: © Sandra Dezenter/LUBW S. 94: © RP Tübingen S. 96: © Dr. Sabrina Plegnière S. 98: © Phil Stev/Fotolia.com S. 100: © Dr. Sabrina Plegnière/LUBW S. 102: © Peter Laier S. 104: © Jürgen Gerhardt/xxdesignpartner.de S. 106: © Dr. Sabrina Plegnière S. 108: © Alexander Rochau/Fotolia.com S. 110: © Bill Ernest/Fotolia.com S. 112: © Dr. Sabrina Plegnière S. 113: © Dr. Constanze Buhk S. 114: © Emmler/RP Freiburg S. 115: © Dr. Constanze Buhk S. 117: © Albrecht Arnold S. 118: © Martin Buhk S. 120: © Simon Dannhauer/shutterstock.com S. 122: © New Africa/shutterstock.com S. 126: © Marco Uliana/shutterstock.com S. 128: © Dr. Harald Gebhardt/LUBW S. 130: © Martin Buhk S. 132: © Andrey Solovev/shutterstock.com S. 134: © Animaflora PicsStock/shutterstock.com S. 136: © schepers photography/Fotolia.com S. 138: © Martin Buhk S. 140: © Dr. Constanze Buhk S. 142: © Stockwerk-Fotodesign/stock.adobe.com S. 144: © kflgalore/fotolia.com S. 146, 150: © Dr. Constanze Buhk S. 152: © ENBW/Daniel Meier-Gerber

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