Klimaschutz in Baden-Württemberg

Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg

Vulnerabilitäten und Anpassungsmaßnahmen in relevanten Handlungsfeldern

Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

1. Politik zur Anpassung an den Klimawandel 2

2. Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg 6

3. Anfälligkeiten und Anpassungsmaßnahmen in relevanten Handlungsfeldern 16

3.1. Wald und Forstwirtschaft 16

3.2. Landwirtschaft 30

3.3. Boden 45

3.4. Naturschutz und Biodiversität 58

3.5. Wasserhaushalt 71

3.6. Tourismus 86

3.7. Gesundheit 100

3.8. Stadt- und Raumplanung 115

3.9. Wirtschaft und Energiewirtschaft 131

4. Umsetzung und Ausblick 142

1. Politik zur Anpassung an den Klimawandel

Ausgangslage und Ziele

Der Klimawandel und seine Folgen stellt die Weltgemeinschaft vor große Herausforderungen. Es ist eine der zentralen Aufgaben der Landesregierung an der Bewältigung dieser Herausforderungen mitzuwirken. Mit dem Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes in Baden-Württemberg vom 17. Juli 2013 hat das Land dazu verbindliche Zielvorgaben für den Klimaschutz formuliert. Die Treibhausgasemissionen in Baden-Württemberg sollen bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 um 25 % und bis zum Jahr 2050 um 90% verringert werden. Neben dringend notwendigen Maßnahmen und Initiativen für einen wirksamen Klimaschutz ist gleichzeitig eine Strategie zur Anpassung an den Klimawandel notwendig, um den nicht vermeidbaren Folgen des Klimawandels zu begegnen. Denn selbst die Einhaltung des globalen Zwei-Grad-Ziels würde für Baden-Württemberg merkliche Änderungen des Klimas bedeuten. Je früher wir uns auf die zu erwartenden Auswirkungen vorbereiten, desto geringer bleiben die zu erwartenden Schäden. Die Anforderungen an die Anpassung und die damit verbundenen Aufwendungen werden drastisch steigen, wenn entsprechende Vorkehrungen nicht rechtzeitig geplant und in die Wege geleitet werden. Klimaschutz und Anpassung sind also nicht voneinander getrennt zu sehen, sondern als zwei Seiten einer Medaille.
Mit dem Klimaschutzgesetz (KSG BW) hat sich das Land deshalb auch dazu verpflichtet, eine Strategie zur Anpassung an die sich verändernden klimatischen Bedingungen zu entwickeln und umzusetzen (§ 4 Abs. 2). Die Landesregierung setzt diesen Auftrag mit der Vorlage der Anpassungsstrategie um. Die Anpassungsstrategie soll auf die in naher Zukunft (2021-2050) zu erwartenden Folgen des Klimawandels vorbereiten und auf mögliche weitere Entwicklungen in der fernen Zukunft (2071-2100) hinweisen. So soll ein Prozess angestoßen werden, der dazu beiträgt:

- die Verwundbarkeit des Landes zu mindern,
- mögliche Klimafolgen und dabei entstehende Kosten zu senken und
- sich ergebende Chancen zu nutzen.

In Verbindung mit dem Monitoring zu den Klimaschutzzielen wird die Landesregierung alle drei Jahre über die wesentliche Folgen des Klimawandels für Baden-Württemberg sowie Umsetzung und Wirkung wichtiger Anpassungsmaßnahmen berichten (§ 9 KSG BW). Das Monitoring ist damit zugleich die Basis für eine spätere Fortschreibung der Anpassungsstrategie.

Klimawandel

Klimaschutz	***Anpassung***
Minderung der Treibhausgasemissionen	*Empfehlung prioritärer Anpassungsmaßnahmen sowie Monitoring von Klimafolgen und Anpassungserfolgen*
bis 2020 um 25 % *bis 2050 um 90 % gegenüber 1990*	*drohende Schäden verringern und mögliche Chancen frühzeitig erkennen und nutzen*

Bundespolitischer und internationaler Rahmen

Die Anpassungsstrategie wurde im Kontext der Sachstandsberichte des Weltklimarates (IPCC) und im Einklang mit den politischen Aktivitäten der Europäischen Union (EU-Anpassungsstrategie vom April 2013) sowie den bundespolitischen Anstrengungen wie der „Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“-(DAS) und dem „Aktionsplan Anpassung“ (APA) entwickelt. Der APA wurde in Abstimmung mit den Ländern erstellt. Zudem findet ein regelmäßiger Austausch des Bundes mit den Ländern zu den Folgen des Klimawandels und den Anpassungsaktivitäten statt. Insofern ist die Strategie eingebettet in bundesweite Aktivitäten. Durch Maßnahmen des Landes können Erkenntnisse der DAS aufgegriffen, vertieft und unter Berücksichtigung landesspezifischer Gegebenheiten weiter entwickelt werden. Nach Angaben des Bundes soll die DAS und der APA bis Ende 2015 bewertet und weiter entwickelt werden. Anschließend wird ein Abgleich mit den Aktivitäten des Landes erfolgen.

Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg

Auf welche klimatischen Rahmenbedingungen müssen wir uns in der Zukunft einstellen? Diese wesentliche Frage für die Gestaltung von Anpassungsstrategien und Anpassungsmaßnahmen wird durch die Darstellung der „Klimatischen Leitplanken“ für die nahe Zukunft (2021-2050) und die ferne Zukunft (2071-2100) beantwortet. Mit den „Klimatischen Leitplanken“ wird ein plausibles Szenario mit verschiedenen Modellrechnungen für die Bandbreite der zukünftigen Klimaveränderung in Baden-Württemberg aufgezeigt.
Die vorliegende Strategie kann außerdem an bereits eingeleitete Aktivitäten zur Anpassung an den Klimawandel anknüpfen. Dazu gehören insbesondere die Forschungsvorhaben:

- „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft - KLIWA" (seit 1999),
- „Klimawandel, Auswirkungen, Risiken und Anpassung – KLARA“ (2001),
- „Herausforderung Klimawandel in Baden-Württemberg“ (2006 – 2010),
- sowie das seit 2011 laufende Forschungsprogramm KLIMOPASS (Klimawandel und Modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg).

Fachwissenschaftliche Gutachten als Grundlage für die Strategie

Als wichtige inhaltliche und methodische Grundlage für die Anpassungsstrategie dienen insbesondere fachwissenschaftliche Gutachten aus dem Jahr 2013. Sie sind auf der Internetseite der LUBW unter der Rubrik „Klimawandel und Anpassung“ zu finden. Die Fachgutachten wurden in enger Zusammenarbeit mit den betroffenen Ressorts erarbeitet. Die methodischen Grundlagen der Anpassungsstrategie werden in den Gutachten dargestellt.
Im Rahmen der Gutachten wurde ausgehend von den „Klimatischen Leitplanken“ die Vulnerabilität in den Handlungsfeldern untersucht. Daraus wurden Handlungsziele abgeleitet und Anpassungsmaßnahmen entwickelt. Die notwendigen Arbeiten der Gutachter wurden durch Ressortarbeitskreise begleitet, in welchen Experten aus Verwaltung, Wissenschaft und Praxis Erfahrungen und Wissen unter der Leitung des jeweils zuständigen Fachministeriums einbringen konnten. Die wichtigsten Ergebnisse der Fachgutachten sind in den Fachkapiteln der Anpassungsstrategie zusammengetragen.
Für das Themenfeld Wirtschaft und Energiewirtschaft wurde ein abweichendes Verfahren gewählt. Die für dieses Feld unter 3.9 beschriebenen Anpassungsziele und Maßnahmen basieren auf Empfehlungen, die Vertreterinnen und Vertreter aus der Wirtschaft im Rahmen einer Stakeholder-Konsultation im Juni 2013 erarbeitet haben.

Die Erarbeitung der Strategie wurde zudem konzeptionell und fachlich eng durch die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) begleitet. Den genannten Mitwirkenden wird an dieser Stelle ausdrücklich für die Beiträge gedankt.

Handlungsfelder

In der Anpassungsstrategie wurden folgende Handlungsfelder bearbeitet:

- Wald- und Forstwirtschaft
- Landwirtschaft
- Boden
- Naturschutz
- Wasserhaushalt
- Tourismus
- Gesundheit (mit Exkurs Bevölkerungsschutz)
- Stadt- und Raumplanung
- Wirtschaft und Energiewirtschaft

Bei jedem Handlungsfeld werden folgende Aspekte näher beschrieben:

- Eckdaten, Funktionen und Ziele des Handlungsfeldes
- nach heutigem Kenntnisstand wirksame und bedeutsame Klimafaktoren
- bekannte und voraussichtliche Empfindlichkeit und deren Auswirkungen (Vulnerabilität) sowie
- Anpassungsziele und bis zu zehn als prioritär eingestufte Maßnahmen (Handlungsempfehlungen)

Handlungsschwerpunkte der Strategie

Die Landesregierung ist sich bewusst, dass Anpassung an den Klimawandel staatliche wie auch private Akteure betrifft. Viele der in der Strategie genannten Maßnahmen liegen direkt im Verantwortungsbereich der öffentlichen Verwaltung des Landes wie auch auf kommunaler und regionaler Ebene. Daneben werden auch Anpassungsmaßnahmen privater Akteure vorgeschlagen, die ggf. durch staatliche Maßnahmen begleitet und unterstützt werden können. Aus Sicht der Landesregierung ergeben sich folgende Handlungsschwerpunkte:

- Umsetzung der nachstehend empfohlenen Maßnahmen,
- Erweiterung des Wissenstand zu Klimawandel Klimafolgen und Anpassung durch die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten,
- Förderung von Modellvorhaben und Pilotprojekten auf regionaler und kommunaler Ebene oder von Unternehmen,
- Entwicklung eines Monitoringsystems, das nicht nur die weitere Entwicklung des Klimas in Baden-Württemberg, sondern auch die Folgen des Klimawandels und die Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen erfasst.
- Sensibilisierung der relevanten Akteure, durch die Bereitstellung von Informationen oder Fortbildungen für Betroffene sowie die Ausarbeitung von Kommunikationsstrategien für die Öffentlichkeitsarbeit.

Die Landesregierung ist sich bewusst, dass wichtige Themenbereiche aufgrund begrenzter Wissensgrundlage noch nicht hinreichend berücksichtigt wurden. Bei den komplexen Auswirkungen des Klimageschehens ist in Zukunft – trotz aller verbleibenden Unsicherheiten –

noch mit weiterem Erkenntnisgewinn zu rechnen. Dies gilt auch für die Bewertung sozialer, ökonomischer und ökologischer Auswirkungen von Anpassungsmaßnahmen. Solche Bewertungen können eine wichtige Grundlage für eine weitere Priorisierung der vorgeschlagenen Maßnahmen sein. Die Anpassungsstrategie Baden-Württemberg ist dabei nicht als Leitplan zu verstehen. Sie enthält Empfehlungen und Umsetzungsvorschläge für die betroffenen Akteure in den verschiedenen Handlungsfeldern. Die Landesregierung möchte mit der Anpassungsstrategie einen Prozess initiieren, in den betroffene Akteure und gesellschaftliche Gruppen auch künftig eng eingebunden sein sollen. Insofern ist die Strategie als dynamischer Prozess zu verstehen und muss im Sinne eines „lernenden Systems“ kontinuierlich weiterentwickelt und fortgeschrieben werden.

2. Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg
„Klimatische Leitplanken“ für Baden-Württemberg

Nach dem fünften Sachstandsbericht des Weltklimarats (IPCC 2013) ist die Globaltemperatur zwischen 1880 und 2012 um 0,85°C angestiegen und der Klimawandel inzwischen eindeutig nachgewiesen. In Baden-Württemberg stiegen die Jahresmitteltemperaturen seit 1901 sogar um 1°C (siehe Abb. 1). Zudem zeigen sich erste Veränderungen in der Umwelt und Natur Baden-Württembergs, die auf den Klimawandel zurückzuführen sind. 2014 war in Deutschland und weltweit das wärmste Jahr seit Beginn flächendeckender meteorologischer Aufzeichnungen im Jahr 1881.

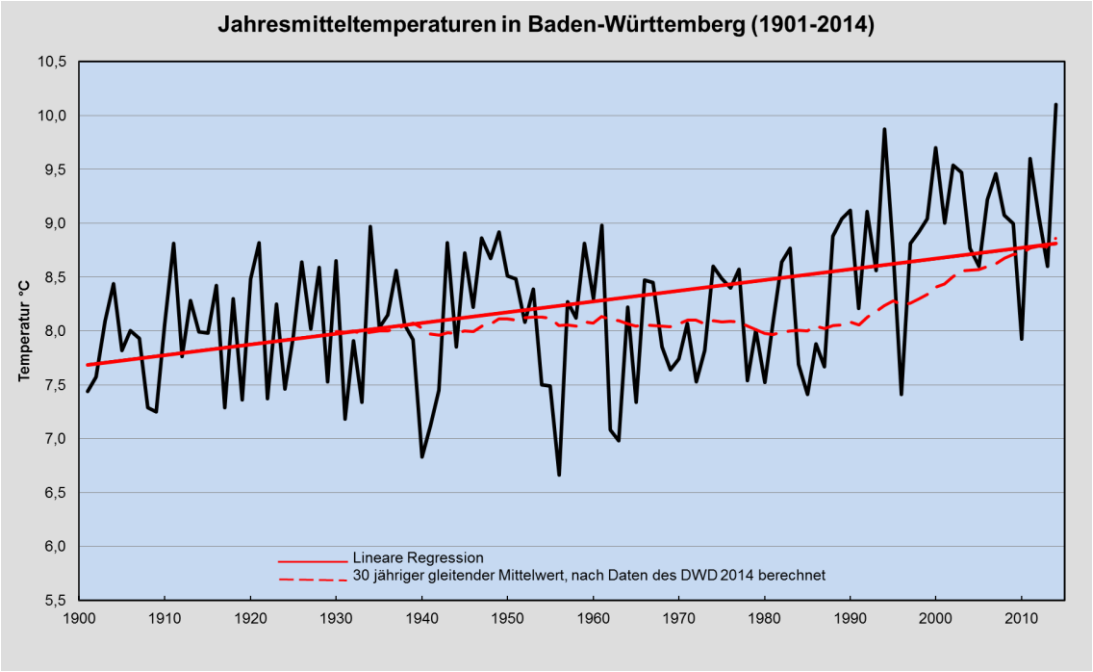


Abb. 2.1: Jahresmitteltemperaturen (in °C) für Baden-Württemberg 1901 – 2014 (LUBW nach Daten DWD 2015)

Entscheidend für die Zukunft ist: Wie entwickelt sich der Klimawandel weiter? Welche Folgen können sich aus der Entwicklung für Baden-Württemberg ergeben? Erst auf der Basis detaillierter und möglichst regionaler Informationen zur Entwicklung und zu den Auswirkungen lässt sich eine Anpassungsstrategie an den Klimawandel mit geeigneten Maßnahmen entwickeln.

Grundsätzlich können Klimamodelle keine Prognose für die Zukunft abgeben, wie es die Wettervorhersage für die nächsten Tage tut. Dazu sind die Einflussfaktoren zu vielfältig und die Zeiträume zu groß. Klimamodelle können aber mit den so genannten „Klimaprojektionen“ plausible Entwicklungen aufzeigen, die unter bestimmten Annahmen beispielsweise für die künftigen Treibhausgasemissionen, Wirtschaftsentwicklung und Energiegewinnung eintreten können. Um die Unsicherheiten von Klimamodellen zu begrenzen, werden Modellwerte plausibilisiert und validiert, zum Beispiel dadurch, wie genau sie das Klima in Referenzzeiträumen der Vergangenheit (Ist-Zeit) darstellen. Die Aussagesicherheit soll zusätzlich dadurch erhöht werden, dass Klimaprojektionen verschiedener Klimamodelle in einem „Ensemble“ vereinigt und statistisch ausgewertet werden.

Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) hat für die Anpassungsstrategie die Ergebnisse zahlreicher regionaler Klimaprojektionen für Baden-Württemberg ausgewertet. Da sich die zukünftigen Treibhausgasemissionen nicht zuverlässig vorhersagen lassen, wurden vom Weltklimarat IPCC (2001) für die Klimamodelle verschiedene Emissionsszenarios definiert. In der LUBW-Studie wurden Klimaprojektionen mit einem einheitlichen „mittleren“ Szenario (A1B) verwendet, das von einem raschen Wirtschaftswachstum, einer raschen Einführung von neuen Technologien, einer ausgewogenen Nutzung verschiedener Energiequellen und einem bis Mitte des Jahrhunderts kulminierenden und anschließend rückläufigen Bevölkerungswachstum ausgeht.

Für den 5. Sachstandsbericht des IPCC (2013) wurden neue Szenarien für die Entwicklung der Konzentration von klimarelevanten Treibhausgasen in der Atmosphäre entwickelt – die sogenannten RCP (Representative Concentration Pathways). Erste Berechnungen mit den neuen RCP-Szenarien zeigen, dass der zu erwartende Temperaturanstieg des A1B-Szenarios nur leicht über dem RCP 6.0 liegt.

Mehr Verlässlichkeit durch „Ensemble“-Ansatz

Für Baden-Württemberg wurden 29 Klimaprojektionen untersucht, davon konnten 24 Projektionen in einem „Ensemble“ für die Berechnung von Klimakennwerten in der nahen Zukunft (2021-2050) verwendet werden. Da für die ferne Zukunft (2071-2100) weniger Klimamodelle zur Verfügung stehen, wurden hier nur 15 Projektionen ausgewertet. Um die Klimaprojektionen miteinander vergleichbar zu machen, wurden die Ergebnisse auf ein einheitliches Raster von 25 x 25 km Auflösung überführt. Insgesamt wurden für knapp 50 klimatische Kennzahlen Berechnungen mit den verschiedenen Klimamodellen durchgeführt und die Ergebnisse bewertet.
Die errechneten Werte der Vergangenheit (Ist-Zustand 1971-2000) wurden mit den projizierten Werten für die Zukunft verglichen, die Differenz bezeichnet man als „Klimasignal“. Bei allen von der LUBW untersuchten Klimakennzahlen wurden die „Streuung“, die „Stärke“ und die „Richtungssicherheit“ des Klimasignals beurteilt. Die drei Kriterien wurden jeweils subjektiv in die drei Klassen „gering“, „mäßig“ und „hoch“ bzw. „stark“ eingestuft. Je größer der Differenzbetrag zwischen Ist-Wert und Projektionswert, desto stärker ist das Klimasignal und damit der Hinweis auf die Stärke der Veränderung. Zudem wurde überprüft, ob die Veränderungen bei den verschiedenen Klimaprojektionen in die gleiche Richtung zeigen (zum Beispiel mehr Niederschlag im Winter). Diese Richtungssicherheit ist ein weiterer wichtiger Parameter für die Verlässlichkeit der Projektionen: Wenn die Richtungssicherheit nicht gegeben ist, sind die Ergebnisse weniger aussagekräftig.
Mit diesen Kennzahlen und ihren Bandbreiten, den so gennannten „Klimatischen Leitplanken“ (siehe Infokasten), können die möglichen Folgen des Klimawandels in den verschiedensten Handlungsfeldern abgeschätzt werden.

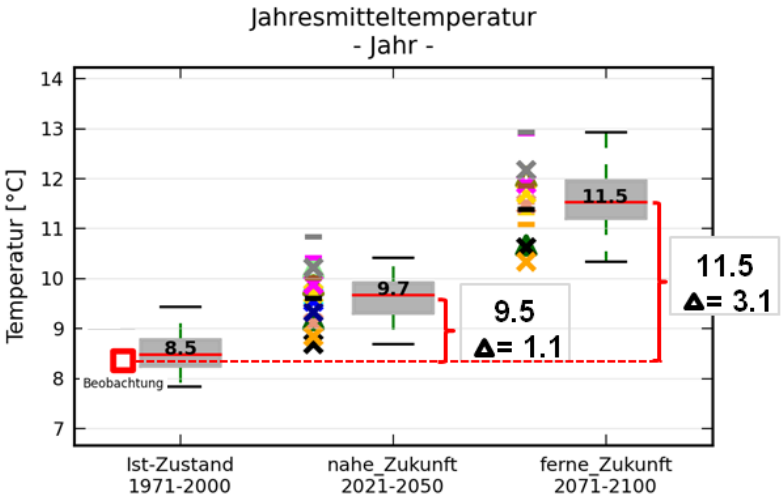


Abb. 2.2: Übersicht über die Ergebnisse der Jahresmitteltemperatur auf Basis der Perzentil-Betrachtung (Box-Whisker-Diagramm); rote Striche = 50. Perzentil mit Angabe des Median-Wertes; schwarze Striche (Antennen) = 15. bzw. 85 Perzentil; farbige Markierungen: Ergebnisse der verschiedenen Klimaprojektionen. Δ = Klimasignal

Prozente, Perzentile und Prognosen

Die „klimatischen Leitplanken" definieren eine Bandbreite mit oberem und unterem Wert für eine Klimaentwicklung der Zukunft unter gleichen Annahmen für die Rahmenbedingungen (siehe A1B-Szenario). Für die Berechnung dieser Werte wird die Lage so genannter Perzentile genutzt. Am einfachsten ist das 50. Perzentil, der sogenannte Median, zu erklären: Er unterteilt eine Verteilung von Werten in zwei gleich große Hälften. Die eine Hälfte der Werte ist also kleiner, die andere größer als der Median. Der Median in einem Klimaszenario ist nicht der wahrscheinlichste Wert für die Zukunft, sondern die Mitte der möglichen Werte für die Klimaentwicklung. Dieser Median allein gibt noch keine Information über die Bandbreite. Die oberen bzw. unteren Werte der klimatischen Leitplanken stellen das 15. bzw. 85. Perzentil dar. Beim 15. Perzentil sind 15 Prozent der skalierten Werte kleiner als dieser Wert, beim 85. Perzentil sind 85 Prozent kleiner oder umgekehrt nur noch 15 Prozent größer als dieser Wert. Mit dieser Vorgehensweise werden Extremwerte bzw. Ausreißer ausgeschlossen. Die Bandbreite bezeichnet die Differenz zwischen dem 15. und dem 85. Perzentil – in diesem Bereich liegen also 70 Prozent aller Werte für die Klimaentwicklung. In der Box-Whisker-Darstellung (siehe Abb. 2.2) wird sie durch die Breite der grauen Box bis zu den beiden „Antennen" (Whisker) angezeigt. Damit lässt sich eine Bandbreite der zukünftigen Klimaentwicklung für die nahe (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) beschreiben. Eine vorsorgende Anpassungsstrategie sollte sich nicht allein am Median orientieren, sondern auch die mögliche Bandbreite einer zukünftigen Klimaentwicklung mit in Betracht ziehen, da sie oft ein größeres Spektrum an Klimafolgen respektive Anpassungserfordernisse bedingt.

Räumliche Darstellung der Klimaprojektionen

Baden-Württemberg zeichnet sich durch eine differenzierte Topographie mit ganz unterschiedlichen Natur- und Siedlungsräumen aus. Entsprechend wird sich der Klimawandel auch räumlich unterschiedlich ausprägen. Um dies deutlich zu machen, wurden die Ergebnisse der Klimaprojektionen (als 15., 50. und 85. Perzentil) in den Klimaleitplanken nicht nur als Box-Whisker-Plots und Datentabellen, sondern auch in Kartenform für die beiden Zeiträume nahe und ferne Zukunft ausgewertet (siehe Abb. 2.3). Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die den Karten zugrunde liegende räumliche Auflösung der Klimamodelle bei 25x25 km liegt.

Projizierte Entwicklung der Jahresmitteltemperatur

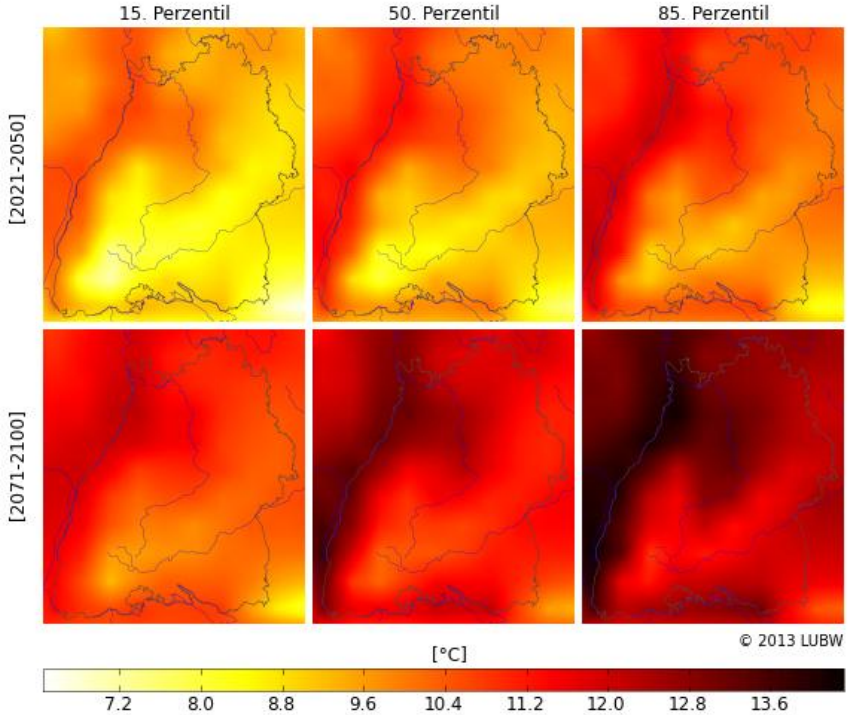


Abb. 2.3: Jahresmitteltemperatur für die nahe (obere Reihe) und ferne Zukunft (untere Reihe), Perzentildarstellung aus dem Ensemble der Klimaprojektionen im 25x25km Raster

Wichtigste Ergebnisse der Klimaprojektionen

Bei den Temperaturen sind die Ergebnisse der Klimaprojektionen eindeutig: Sie werden weiter ansteigen, in den höheren Lagen der Mittelgebirge weniger als im Tiefland. Beim Niederschlag sind die Ergebnisse dagegen nicht so eindeutig und nur eingeschränkt belastbar: Die Gesamtniederschlagsmengen bleiben gleich, allerdings wird es künftig im Sommer weniger und im Winter mehr regnen. Dagegen sind weder bei der mittleren Windgeschwindigkeit noch bei der Globalstrahlung in Zukunft große Änderungen zu erwarten.

Tab. 2.1: Übersicht über die Ergebnisse der Auswertung der Kennzahlen
Die Berechnungsgrundlagen können dem Bericht „Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg“ (Langfassung, LUBW 2013) entnommen werden

Kennzahl	Ist-Zustand				Klimasignal nahe Zukunft			Klimasignal ferne Zukunft			Bewertung		
	Beob. Wert	Bias	Spann-weite	Streuung	15. Perz.	50. Perz.	85. Perz.	15. Perz.	50. Perz.	85. Perz.	Stärke	Richtg. Sicherh.	Ein-schätzung
T Mittel [°C]	8,4	0,1	0,9	gering	0,8	1,1	1,7	2,5	3,1	3,6	hoch	hoch	ja
Sommertag [d]	30,2	-2,9	27,3	hoch	4,1	10,1	17,8	20,1	32,3	44,3	hoch	hoch	eingeschr.
Tropentag [d]	4,0	-0,3	12,3	hoch	1,0	2,7	8,6	5,4	20,8	27,8	hoch	hoch	eingeschr.
Tropennacht [d]	0,1	0,4	3,6	hoch	0,3	1,0	5,6	1,6	7,5	18,3	hoch	hoch	nein
Kühltag [d]	33,9	-0,9	18,8	gering	7,5	13,9	20,8	30,2	42,3	50,8	hoch	hoch	eingeschr.
Kühlgradtage [K*d]	77,0	8,9	87,2	hoch	23,5	48,1	108,7	89,8	231,0	335,3	hoch	hoch	eingeschr.
Hitzeper Dauer 3T [d]	3,6	0,0	1,3	gering	-0,2	0,2	1,0	0,5	0,9	3,6	mäßig	hoch	eingeschr.
Eistag [d]	23,4	2,1	15,4	hoch	-13,7	-8,9	-4,7	-23,3	-17,8	-9,9	hoch	hoch	eingeschr.
Frosttag [d]	97,0	-13,8	43,5	hoch	-27,0	-19,1	-15,2	-51,9	-47,2	-35,2	hoch	hoch	eingeschr.
Heiztag [d]	287	-0,5	23,1	gering	-22,9	-16,1	-13,8	-55,7	-49,9	-38,5	hoch	hoch	ja
Heizgradtage [K*d]	4112,8	-24,5	371,4	gering	-553,0	-362,6	-314,3	-1188,3	-1070,4	-825,6	hoch	hoch	ja
Letzter Frost [d]	114	-15,1	26,9	mäßig	-11,5	-6,8	-4,6	-25,7	-20,3	-16,7	hoch	hoch	eingeschr.
Erster Frost [d]	296,1	5,6	20,7	mäßig	6,5	9,6	14,7	17,1	23,3	29,9	hoch	hoch	eingeschr.
Veg-Beginn [d]	90,9	0,7	9,7	gering	-7,7	-5,2	-2,9	-20,2	-13,3	-9,5	hoch	hoch	eingeschr.
Veg-Per Dauer [d]	172,5	1,7	7,7	gering	0,5	2,3	4,1	-1,1	3,5	6,1	mäßig	mäßig	eingeschr.
Huglin-Index [-]	1225,5	-43,8	355,8	gering	137,9	177,4	314,1	434,9	627,5	762,0	hoch	hoch	eingeschr.
W-Gradtag [-]	1690,7	-22,9	181,0	gering	155,9	255,0	333,8	524,2	718,3	877,3	hoch	hoch	ja
T Schwankung [°C]	19,3	-0,1	3,0	mäßig	-0,5	-0,1	0,5	-1,3	0,3	1,7	-	hoch	eingeschr.
N Jahr [mm]	949	12,5%	31,0%	hoch	-1,8%	4,1%	6,5%	-9,0%	1,3%	10,6%	gering	gering	eingeschr.
N Hyd. Sommer [mm]	512	5,8%	21,4%	mäßig	-5,8%	-0,7%	3,4%	-18,3%	-9,4%	-0,9%	mäßig	mäßig	eingeschr.
N Hyd. Winter [mm]	443	16,3%	42,2%	hoch	-1,0%	7,1%	14,8%	-3,0%	15,9%	22,3%	hoch	mäßig	eingeschr.
N Frühj [mm]	225	8,7%	35,1%	hoch	-3,0%	5,6%	11,6%	-2,9%	10,4%	19,8%	hoch	mäßig	nein
N Veg-Per [mm]	435	5,7%	22,8%	hoch	-8,1%	-0,9%	4,4%	-20,6%	-13,1%	-4,2%	mäßig	mäßig	eingeschr.
Klim-Wasser-Bil [mm]	528,1	68,5	298,7	hoch	-57,2	23,2	77,1	-184,9	-38,1	101,1	gering	gering	nein
StarkN [mm]	40,7	-5,6%	15,2%	mäßig	-0,1%	6,5%	12,1%	4,8%	12,8%	24,7%	mäßig	mäßig	eingeschr.
N Tage-Stark [d]	3,6	0,0	1,2	mäßig	0,1	0,7	1,0	0,0	0,9	2,0	hoch	mäßig	ja
N Tage-StarkN-Veg [d]	2,0	0,0	0,7	mäßig	-0,1	0,2	0,4	-0,2	0,3	0,7	gering	gering	eingeschr.
N Top10-anteil [%]	25,8	-5,0	16,1	hoch	0,1	0,4	1,1	0,3	1,5	2,7	-	mäßig	eingeschr.
Nassperiode [d]	3,2	2,6	5,7	hoch	-0,4	0,0	0,7	-1,6	-0,6	0,2	gering	gering	nein
Trocken-Per [d]	4,1	-1,5	2,2	hoch	-0,1	0,1	0,5	0,0	0,5	1,1	gering	gering	nein
Trocken-Per Max [d]	20,7	-3,7	5,5	mäßig	-0,7	0,8	2,0	-0,4	1,2	4,8	gering	mäßig	eingeschr.
N Tage-Trocken [d]	227	-34,4	64,7	hoch	-3,5	0,3	7,6	-5,7	3,4	14,7	gering	mäßig	nein
N Variab Jahr [%]	15,1	-2,5	3,6	mäßig	-1,4	0,5	2,0	-0,6	0,8	3,7	gering	gering	eingeschr.
N Variab SOHJ [%]	19,3	-1,2	6,0	mäßig	-1,8	0,5	3,1	0,1	3,5	5,9	mäßig	mäßig	eingeschr.
N Variab WIHJ [%]	22,7	-4,4	3,7	mäßig	-2,6	-0,5	2,8	-2,0	0,1	3,6	gering	gering	eingeschr.
N-Schwank Jahr [-]	1,6	-0,4	0,4	hoch	-0,3	-0,1	-0,1	-0,4	-0,3	-0,2	mäßig	hoch	eingeschr.
Glob Jahr [kWh/m²]	1038	127,1	259,8	mäßig	-30,8	-1,2	42,2	-45,1	18,9	74,5	gering	gering	eingeschr.
Glob Max [W/m²]	315	30,3	132,0	hoch	-2,4	-1,5	1,7	-3,9	-1,8	4,2	gering	gering	nein
Glob Min [W/m²]	20,1	-16,2	15,8	-	-0,8	-0,2	0,2	-1,5	-0,3	0,9	-	-	nein
Glob Stabw [W/m²]	80,4	11,1	26,6	hoch	-0,3	1,7	3,5	0,2	3,7	6,7	gering	hoch	nein
Wind Jahr [m/s]	2,0	1,3	1,2	hoch	0,0	0,0	0,1	-0,1	0,0	0,0	gering	hoch	ja
Wind Max [m/s]	8,7	0,1	1,2	gering	-0,1	0,1	0,4	-0,2	0,2	0,5	gering	hoch	eingeschr.
Wind Tag>8ms [d]	1,7	1,2	4,7	hoch	0,0	0,5	1,3	-0,4	0,4	1,3	gering	gering	nein
Wind Stabw [m/s]	1,2	0,3	0,3	mäßig	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	gering	hoch	ja

Ergebnisse beim Klimaparameter „Temperatur“

Die Kennzahlen bei der Temperatur zeigen einen klaren Trend für die Zukunft mit einer großen Richtungssicherheit und einem starken Klimasignal: Es ist eine weitere Temperaturzunahme im Land zu erwarten. In den kommenden vier Jahrzehnten (nahe Zukunft) wird die Jahresdurchschnittstemperatur von derzeit 8,4°C um rund 1,1°C auf 9,5°C ansteigen (mittlerer Annahmewert = 50. Perzentil, Median). Die Bandbreite des Klimasignals reicht von +0,8 bis +1,7°C Temperaturanstieg. In der fernen Zukunft (2071-2100) beträgt der Temperaturanstieg voraussichtlich +3,1°C (Median). Die Bandbreite des Klimasignals für diese Zukunftsprojektion liegt zwischen +2,5°C (15. Perzentil) und +3,6°C (85. Perzentil).

Die Bedeutung dieser Entwicklung wird an den Kennzahlen besonders deutlich, die die Wärme- und Hitzeentwicklung aufzeigen. So kann die Zahl der Sommertage (Temperaturmaximum mindestens 25°C) im landesweiten Durchschnitt von heute 30 Tagen in der nahen Zukunft um eine Bandbreite von 4 bis 18 Tagen, in der fernen Zukunft sogar um 20 bis 44 Tage zunehmen (jeweils 15. bis 85. Perzentil). Bei der Kennzahl Hitzetag („Tropentag“, Tagesmaximum mindestens 30°C) wird die kommende Erwärmung noch deutlicher sichtbar: Die Projektion ergibt bei heute 4 Hitzetagen für die nahe Zukunft zusätzliche 2,7 Hitzetage im Jahr (Bandbreite +1 bis + 8,6 Tage) und für die ferne Zukunft 20,8 zusätzliche Hitzetage (siehe auch Tab. 2.1). Mit anderen Worten: Bei der Zahl warmer oder heißer Tage wirkt sich der Klimawandel im Vergleich zu heute noch stärker aus als bei den mittleren Temperaturen. Aufgrund der Topographie des Landes werden bestimmte Regionen weitaus stärker betroffen sein (siehe Abb. 2.3), als diese landesweiten Durchschnittszahlen vermitteln. Im Rheingraben und im Rhein-Neckar-Raum werden zum Beispiel 100 Sommertage in der fernen Zukunft erreicht werden können (Abb. 2.4). Der Kühlbedarf wird entsprechend zunehmen. Verbunden mit der Erwärmung werden Frost- und Eistage weit weniger auftreten und der Heizbedarf sinken, der Kühlbedarf im Sommer hingegen steigen (vgl. Kennwerte in der Tab. 2.1).

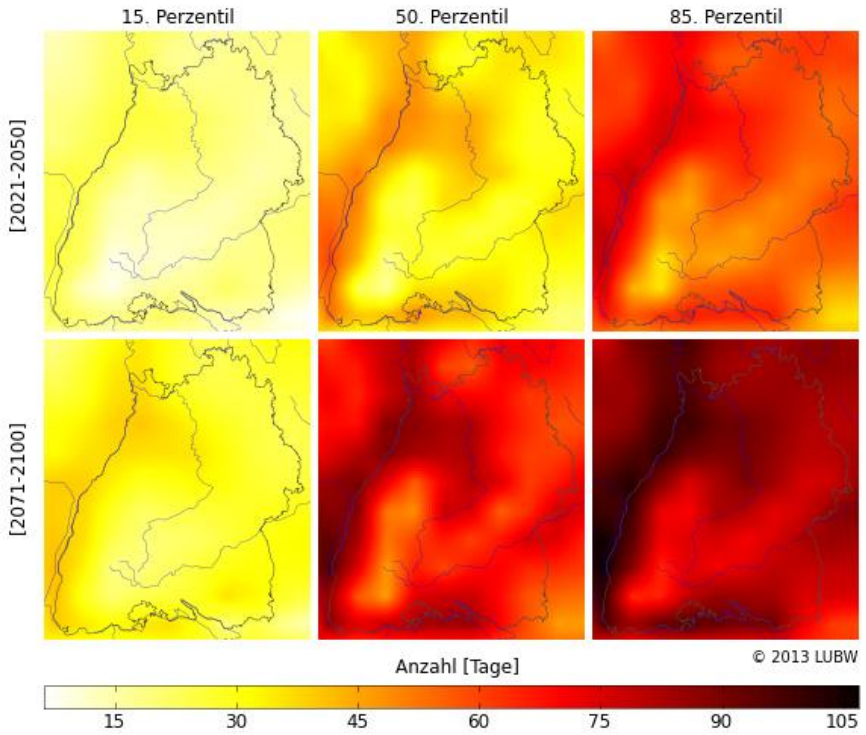


Abb. 2.4: Entwicklung der Anzahl der Sommertage in naher und ferner Zukunft (Ensemble aus Klimaprojektionen, Perzentildarstellung)

Ergebnisse beim Klimaparameter „Niederschlag“

Beim Klimaparameter Niederschlag streuen die Ergebnisse der Modellsimulationen deutlich stärker als bei der Temperatur. Die Klimasignale sind je nach Projektion unterschiedlich stark und ihre Richtungssicherheit ist geringer.
Nach Einschätzung der Experten wird sich die Jahresniederschlagssumme auch in Zukunft auf einem ähnlichen Niveau wie heute (949 mm für Baden-Württemberg) bewegen. Die Mittelwerte des Jahresniederschlags erhöhen sich zwar um 4,1 Prozent in der nahen und um 1,3 Prozent in der fernen Zukunft, aber diese Werte sind angesichts der starken Streuung des Klimasignals wenig aussagekräftig. Allerdings deuten die Projektionen darauf hin, dass sich die Niederschläge in ihrer zeitlichen Verteilung vom Sommer in Richtung Winter verschieben werden. Langfristig ist wahrscheinlich damit zu rechnen, dass die Niederschlagsmenge im Winterhalbjahr zu- und im Sommerhalbjahr abnimmt. Die Anzahl der Tage mit Starkniederschlägen und deren Niederschlagsmenge wird sich erhöhen. Allerdings werden die Modellergebnisse als eingeschränkt zufriedenstellend eingestuft.

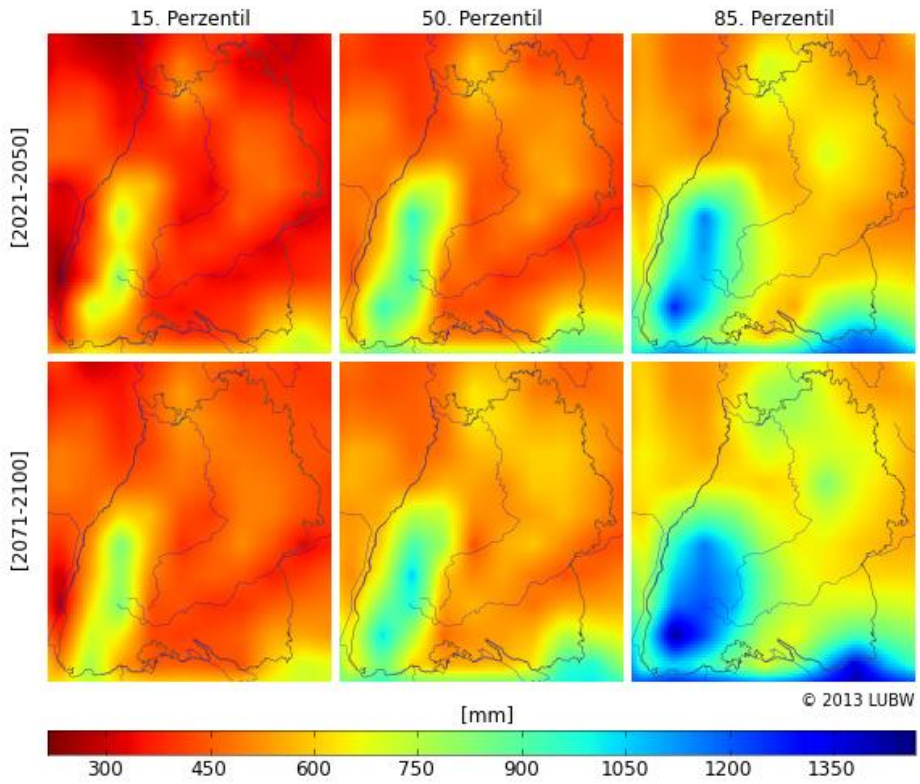


Abb. 2.5: Niederschlag im hydrologischen Winterhalbjahr (Ensemble aus Klimaprojektionen, Perzentildarstellung; (obere Reihe nahe Zukunft, untere Reihe ferne Zukunft)

Als Trockenperioden werden zusammenhängende Zeiträume bezeichnet, bei denen pro Tag unter 1 mm Niederschlag fällt. Solche Trockenperioden dauern in Baden-Württemberg im Schnitt 3,6 Tage. Die Simulationsergebnisse zeigen eine geringe Zunahme von 0,2 Tagen für die nahe Zukunft und von 0,8 Tagen für die ferne Zukunft. Allerdings wird dieses Klimasignal sowohl bei der Streuung als auch bei der Stärke als mäßig eingeschätzt. Die Bandbreite reicht für die ferne Zukunft von 0,1 Tagen (15. Perzentil) bis zu 1,3 Tagen (85. Perzentil). Relevant für Land- und Forstwirtschaft sind insbesondere Trockenperioden in der Vegetationszeit.

Projektionen der klimatischen Wasserbilanz

Die klimatische Wasserbilanz, also die Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Evapotranspiration, gibt Hinweise auf die Sicherheit der Versorgung von Pflanzen und Lebensräumen mit Wasser. Die Projektionen der klimatischen Wasserbilanz für die nahe und ferne Zukunft liegen auch als Monatswerte vor, daher kann der projizierte Jahresverlauf untersucht werden. In der nahen Zukunft ergibt sich voraussichtlich eine Erhöhung der monatlichen klimatischen Wasserbilanz für Januar bis Juni (50. Perzentil) sowie für September bis Dezember. Für die Sommermonate Juli und August ist jedoch mit einer Verringerung der Wasserbilanz zu rechnen. Die Absolutwerte bleiben auch künftig in allen Monaten noch im positiven Bereich, auch wenn sie in den Sommermonaten nur knapp über Null liegen. Generell werden nach diesen Projektionen die Unterschiede zwischen den Monaten im Vergleich zu heute zunehmen: Heute (Ist-Zustand) liegen die monatlichen Werte der klimatischen Wasserbilanzen zwischen einem Minimalwert von circa 30 mm und einem Maximalwert von 75 mm. In der nahen Zukunft werden die Werte zwischen circa 10 und 90 mm, und in der fernen Zukunft zwischen -0,1 (Juli) und 100 mm (Dezember) schwanken. Vor allem für

die Monate Juni bis September werden in ferner Zukunft deutlich niedrigere monatliche Bilanzwerte projiziert.

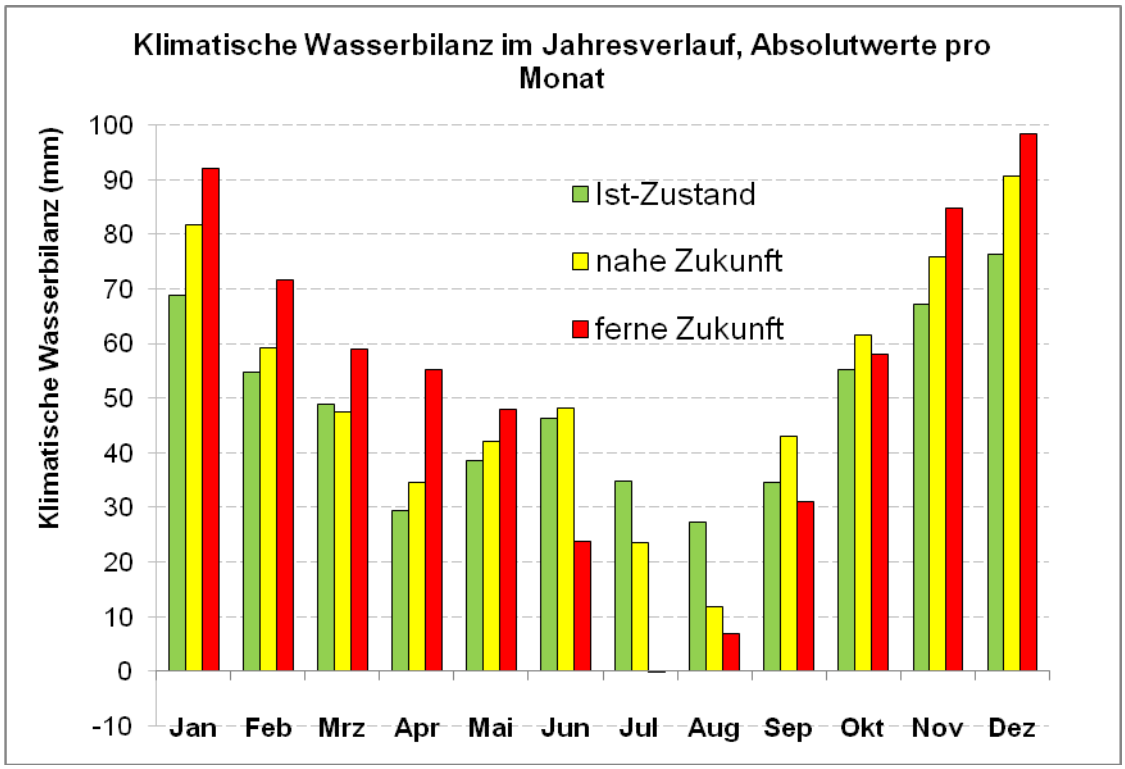


Abb. 2.6: Klimatische Wasserbilanz, Absolutwerte pro Monat (50. Perzentil)
Quelle: Dr. Helmut Schlumprecht, Bayreuth 2013

Die Vergrößerung der Unterschiede betrifft auch die Monate der Vegetationsperiode: Während heute die Werte im Zeitraum April bis September zwischen circa 25 und 45 mm liegen, muss in der fernen Zukunft mit Werten zwischen 0 und circa 55 mm gerechnet werden. Bestimmte Vegetationstypen, vorrangig wasserabhängige Typen und Moore aller Art sowie Feucht- und Sumpfwälder, werden durch die sommerliche Trockenheit beeinträchtigt. Hier spielen die niedrigen Werte der Wasserbilanzen im Juli und im August eine entscheidende Rolle.

Ergebnisse der Klimaparameter „Windgeschwindigkeit“ und „Globalstrahlung“
Alle Klimaprojektionen weisen darauf hin, dass sich die derzeitige mittlere Windgeschwindigkeit von 2 m/s auch in Zukunft kaum ändern wird. Insgesamt zeigen alle Klimasignale bei der Windgeschwindigkeit in die gleiche Richtung, sind aber bei allen Kennzahlen sehr schwach. Messung und Simulation der Globalstrahlung sind sehr schwierig durchzuführen und mit großen Unsicherheiten verbunden. Zudem weisen die Werte eine hohe Streuung auf. Insgesamt sind die Kennzahlen der Globalstrahlung deshalb als unsicher zu betrachten.

Fazit und Ausblick
Zur Ableitung der klimatischen Rahmenbedingungen für die nahe und ferne Zukunft Baden-Württembergs wurden Ergebnisse von 24 bzw. 15 regionalen Klimaprojektionen ausgewertet. Durch diesen Ensemble-Ansatz wurden klimatische Leitplanken definiert, die die Bandbreite einer plausiblen Klimaentwicklung unter einem gemäßigtem Emissionsszenario beschreiben. Damit lassen sich für Klimaparameter wie Temperatur oder Niederschlag sowohl qualitative als auch quantitative Aussagen zum Klimawandel in Baden-Württemberg treffen. Es wurde somit ein Instrument geschaffen, das in vielen gesellschaftlichen Handlungsfeldern zur Vulnerabilitätsanalyse und Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen eingesetzt werden kann.
Die Ergebnisse der Klimaprojektionen zeigen vor allem eines mit großer Sicherheit: Alle Kennzahlen der Temperatur weisen eine Wärmezunahme in der Zukunft auf! Die Durchschnittstemperatur nimmt genauso zu wie die Zahl der heißen Tage oder die Dauer der Vegetationsperiode, während die Zahl der Frosttage oder der Heiztage spürbar abnimmt. Beim Klimaparameter Niederschlag sind die zukünftigen Entwicklungen weitaus schwieriger abzuschätzen, da die Modellergebnisse in Richtung und Größe stärker variieren. Bei der durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge ist kaum mit einer Veränderung zu rechnen, aber mit einer Verschiebung des bisherigen Sommerregens hin zum Winter. Dies macht sich im Sommer mit mehr Trockenheit und im Winter möglicherweise mit mehr Überschwemmungen bemerkbar. Eine ausführliche Darstellung der komplexen Methode und der umfangreichen Ergebnisse findet sich unter „Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg“ als Publikation der LUBW im Internet.
Je nach Handlungsfeld haben die Veränderungen der Klimakennwerte sowohl negative wie auch positive Auswirkungen. In den folgenden Kapiteln werden diese für einzelne Handlungsfelder beschrieben und dabei – soweit möglich – auch regionale Unterschiede in Baden-Württemberg dargestellt.

3. Anfälligkeiten und Anpassungsmaßnahmen in relevanten Handlungsfeldern

3.1. Wald und Forstwirtschaft

3.1.1. Eckdaten, Funktionen und Ziele

Baden-Württemberg zählt mit rund 1,4 Millionen Hektar Wald und einem Waldanteil von 38 Prozent an der Landesfläche zu den waldreichsten Bundesländern in Deutschland.

Nach der letzten Inventur besteht der Gesamtwald Baden-Württembergs zu 53 Prozent aus Nadelbäumen und zu 42 Prozent aus Laubbäumen. Mit einem Flächenanteil von 38 Prozent stellt die zuwachsstarke Fichte (Picea abies) die wichtigste Baumart dar und ist in allen Landesanteilen – mit Ausnahme des Oberrheingrabens – stark vertreten. Es folgen Buche (Fagus sylvatica) mit 21 Prozent sowie Tanne (Abies alba), Stiel- und Traubeneiche (Quercus robur, Quercus petraea) und Waldkiefer (Pinus sylvestris) mit Anteilen von jeweils 7 bis 8 Prozent. Die Buntlaubhölzer Esche, Ahorn und Hainbuche nehmen zusammen etwa 9 Prozent der Waldfläche ein. In den vergangenen 20 Jahren hat sich die Baumartenzusammensetzung zugunsten der Laubbäume (+ 7 Prozent) verschoben. Durch hohe Sturmschäden und Borkenkäferbefall sowie durch gezielte waldbauliche Maßnahmen hat insbesondere die Fichte deutlich an Fläche verloren (- 6 Prozent).

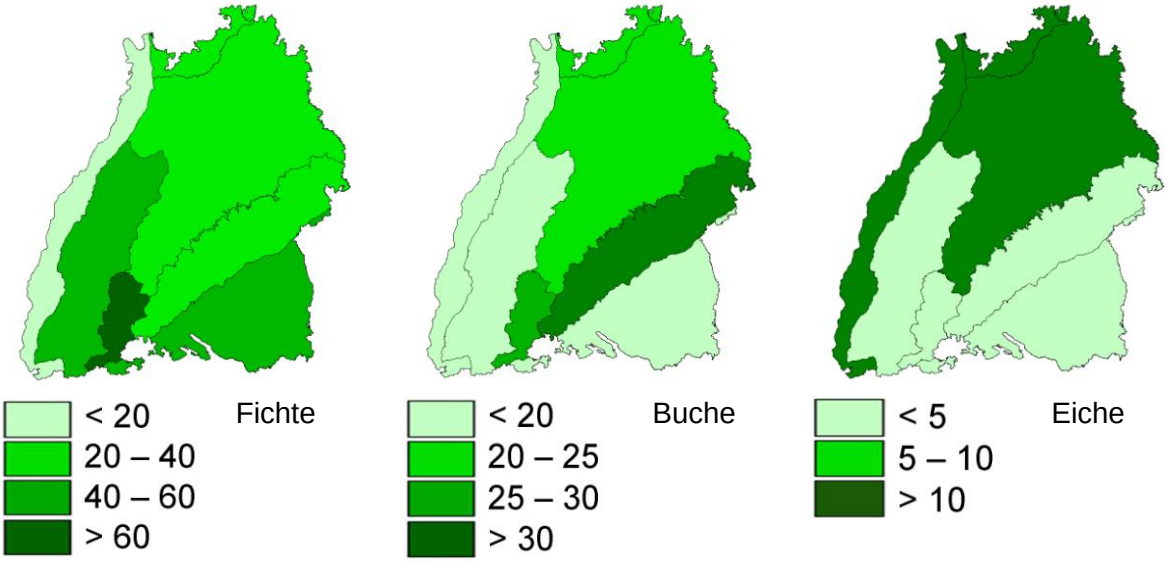


Abb.3.1.1: Aktuelle Waldflächenanteile (in Prozent) der Hauptbaumarten Baden-Württembergs in den Wuchsgebieten. Daten: MLR (2011)

Eigentumsverhältnisse: jede Gemeinde hat Wald

Rund 40 Prozent des Waldes ist im Besitz der Kommunen: Im Durchschnitt verfügt jede der 1100 Gemeinden des Landes über rund 500 Hektar Wald. Fast ebensoviel Waldfläche (36 Prozent) ist in privater Hand, und etwa 24 Prozent der Waldfläche gehören als Staatswald dem Land Baden-Württemberg, der vom Landesbetrieb ForstBW nach dem Konzept der „Naturnahen Waldwirtschaft“ bewirtschaftet wird.

Funktionen und Ziele

Die grundlegenden Ziele einer Anpassungsstrategie gegenüber dem Klimawandel sind für dieses Handlungsfeld 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

Nutzfunktion – Holz ist unser wichtigster nachwachsender Rohstoff

Holz aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern ist in Baden-Württemberg der wichtigste nachwachsende Rohstoff. In den letzten Jahren wurden jährlich etwa rund neun Millionen Kubikmeter Holz geerntet. Mit einem Anteil von 70 Prozent ist dabei die Fichte die ökonomisch wichtigste Baumart („Brotbaum“) im Südwesten. Etwa 4 Millionen Festmeter Waldholz werden jährlich energetisch genutzt und ersetzen rechnerisch mehr als 910 Millionen Liter Heizöläquivalente. Mit dieser weitgehend klimaneutralen Energiegewinnung kann durch die Forstwirtschaft ein zusätzlicher Ausstoß von 2,5 Millionen Tonnen CO_2 vermieden werden. Im Cluster „Forst & Holz“ wird in Baden-Württemberg ein Jahresumsatz von 31 Milliarden Euro erzielt und damit rund 3,5 Prozent des gesamten Umsatzes im Südwesten erwirtschaftet. Bemerkenswert ist, dass über drei Viertel des in Baden-Württemberg eingeschlagenen Holzes im Land verbleiben. Mit 200.000 Beschäftigten in 29.000 Unternehmen ist dieser Sektor vor allem im ländlichen Raum ein wichtiger Wirtschaftsfaktor.

Schutzfunktion und Erholung

Die Wälder erfüllen zahlreiche ökologische Funktionen für den Schutz der Pflanzen und Tiere, des Wassers, der Luft, des Bodens, des Landschaftsbildes und des Klimas. In baden-württembergischen Wäldern wurden deshalb 480.200 Hektar Vorrangflächen für den Naturschutz ausgewiesen. Das entspricht einem Anteil von 34,3 Prozent an der Gesamtwaldfläche.

Für den Klimaschutz hat der Wald als CO_2-Speicher eine überregionale Bedeutung. Insgesamt waren in den Wäldern Baden-Württembergs bis zum Jahr 2002 rund 172 Millionen Tonnen Kohlenstoff in der Holzmasse, 143 Millionen Tonnen im Bodenhumus und 37 Millionen Tonnen in der Auflage inklusive Totholz gespeichert. In der Bundeswaldinventur I und II wurde geschätzt, dass zwischen 1987 und 2002 rund sieben Prozent der CO_2-Emissionen des Landes in Form von Holz (Waldbiomasse plus daraus erzeugte Produkte) fixiert wurden.

Darüber hinaus erfüllen die Wälder vor allem in dicht besiedelten Gebieten wichtige Funktionen für die Erholung und Freizeitaktivitäten der Menschen. Die Forstverwaltung schätzt, dass jede Woche über sechs Millionen Spaziergänger, Wanderer, Radfahrer und Sportler die Wälder besuchen.

In der Vergangenheit konnten sich die Waldökosysteme an veränderte Umweltbedingungen und menschliche Einflüsse hinreichend anpassen. Experten gehen jedoch davon aus, dass die Wälder in Zukunft auf das Tempo und Ausmaß des Klimawandels nicht mehr schnell genug reagieren können. Es ist deshalb damit zu rechnen, dass auch die bekannten Waldfunktionen nicht mehr in ausreichendem Maße erfüllt werden können.

3.1.2. Wirksame Klimafaktoren

Die wichtigsten Klimafaktoren für das Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft sind Temperatur- und Niederschlagsgrößen. Mit dem erwarteten Anstieg der Jahresdurchschnittstemperaturen (siehe Kapitel 2) wird sich voraussichtlich die Zahl der heißen Tage (mit Temperaturmaximum > 30°C) in den Sommermonaten in naher Zukunft (2020 - 2021) fast verdoppeln bzw. in ferner Zukunft (2071 - 2100) sogar verfünffachen (Anstieg von 4 auf 7 bzw. 21 Tage). Die Gefahr von Hitzeperioden nimmt dadurch deutlich zu. Insbesondere Waldbäume auf trockenen Standorten werden verstärkten Stresssituationen ausgesetzt sein.
Die letzten Spätfröste im Frühjahr, die das Baumwachstum negativ beeinflussen können, finden im Vergleich zu heute in naher Zukunft um 7 Tage früher und in ferner Zukunft sogar um 20 Tage früher statt. Das Datum des ersten Frostes im Herbst bzw. Winter verschiebt sich dagegen weiter Richtung Jahresende, so dass eine Abnahme von Frostschäden möglich wird.

Bei den Niederschlägen werden sich die voraussichtlichen Jahressummen in Zukunft nicht ändern, aber die Schwerpunkte der Niederschlagsmengen möglicherweise in Richtung Winterhalbjahr verschieben. Bisher deuten die Modellierungen darauf hin, dass es vor allem im Spätsommer zu einer deutlichen Reduktion der Niederschläge kommen wird. Da in den Sommermonaten gleichzeitig die Verdunstung stark ansteigen wird, könnten sich die heute noch positiven Wasserbilanzen in dieser Phase auf null reduzieren oder eventuell sogar negative Werte annehmen (d.h. mehr Verdunstung als Niederschläge im gleichen Zeitraum). In der Summe bedeutet dies: Vor allem in den Hoch- und Spätsommermonaten könnte es zu einem vermehrten Trockenheitsstress für viele Baumarten kommen. Allerdings bestehen derzeit noch große Unsicherheiten über die künftige Dynamik der Niederschläge und ihre Verteilung.

Das Risiko für Sturmereignisse wird sich nach den bisherigen Untersuchungen bis 2050 in Baden-Württemberg nicht signifikant ändern. Aber auch in Zukunft muss mit ähnlich schweren Stürmen wie Vivian, Wibke und Lothar gerechnet werden.

3.1.3. Vulnerabilität und Auswirkungen

In Deutschland hat sich insbesondere für Laubholzarten die Vegetationszeit zwischen den Jahren 1951 und 2000 um mehr als 10 Tage verlängert. Dieser Trend scheint sich seit dem Jahr 2000 weiter zu beschleunigen. Eine Verlängerung der Vegetationsperiode um rund 19 Tage in naher Zukunft (2021 - 2050) und um rund 47 Tage in ferner Zukunft (2071 - 2100) sowie die Reduktion von Frosttagen (siehe Kapitel 4.2.2) werden sich generell positiv auf das Baumwachstum und damit den Holzzuwachs auswirken.

Allerdings können unsere einheimischen Baumarten mit den raschen Klimaänderungen nicht Schritt halten. Jede Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperaturen um 1°C bedeutet eine Verschiebung der Vegetationszonen um etwa 150 bis 300 km in nördlicher Richtung bzw. um 200 Höhenmeter in vertikaler Richtung. Die Wanderungsgeschwindigkeit von Baumarten wird auch bei Windverbreitung auf nur fünf Kilometer pro Jahrzehnt geschätzt. Damit könnten Waldbäume in ihrem heutigen Verbreitungsgebiet zunehmend ihre seit Jahrtausenden bewährte Anpassung verlieren.

Zudem sind deutliche negative Reaktionen des Waldes auf kurzfristige Klimaschwankungen zu beobachten. So können ausgeprägte Trockenzeiten während der Vegetationsperiode auch in den Folgejahren noch negative Wirkungen zeigen. Der Wassermangel im Jahr 2003 hat dazu geführt, dass sich landesweit in den darauf folgenden 6 bis 7 Jahren der Kronenzustand der Hauptbaumarten deutlich verschlechterte. Bei der Waldschadensinventur im Jahr 2006 zeigten noch über 45 Prozent der Wälder deutliche Schäden. In den meisten Regionen des Landes führte der Trockenstress zu einer relevanten Reduktion der Zuwachsraten. Bei der Fichte ging der Radialzuwachs in den meisten Teilen Baden-Württembergs in dem Trockenjahr um etwa die Hälfte oder mehr zurück.

Sekundärschäden – Schädlinge sind im Kommen

Nach lang anhaltenden Trockenperioden verringern Bäume nicht nur ihre Zuwachsleistungen, sondern sind auch besonders empfindlich für weitere Schädigungen („Sekundärschäden“). So werden durch Trockenheit geschwächte Fichten wesentlich stärker vom Borkenkäfer befallen als gut mit Wasser versorgte Bäume. Schwammspinner, Eichenprozessionsspinner und Eichenprachtkäfer finden seit etwa 20 Jahren durch den Klimawandel in Baden-Württemberg deutlich günstigere Entwicklungsbedingungen als in der Vergangenheit. Dies kann in Eichenwäldern zu vermehrtem Blattfraß und Folgeschäden führen. Zudem rechnen Experten damit, dass sich in den kommenden Jahren bisher nicht heimische Schadinsekten ausbreiten, auf die das Ökosystem Wald nicht ausreichend angepasst sein könnte, wie beispielsweise der Pinienprozessionsspinner.

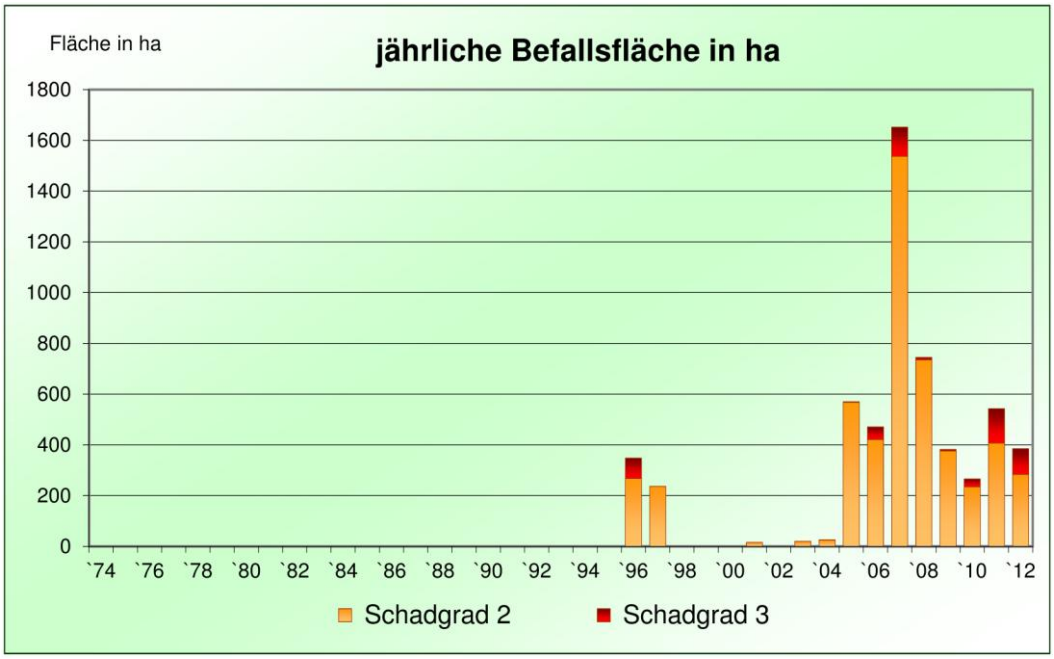


Abb.3.1.2: Jährliche Befallsflächen des Eichenprozessionsspinners
Quelle: FVA Baden-Württemberg

Fazit: Der Wald in Baden-Württemberg hat in seinem jetzigen Zustand auf großer Fläche nur eine eingeschränkte Robustheit gegenüber der künftigen Klimaerwärmung. Experten rechnen damit, dass die Waldökosysteme landesweit sehr anfällig auf die Klimaveränderungen reagieren werden. Die lange Lebensdauer von Bäumen und die langen Bewirtschaftungszeiträume begrenzen die Möglichkeiten einer schnellen Anpassung an den Klimawandel. Die Waldgesundheit, die Vitalität und Stabilität heutiger Waldbestände muss deshalb in den meisten Teilen des Landes langfristig als hoch vulnerabel eingestuft werden.

Holznutzung und Holzversorgung

Der Klimawandel wirkt sich in zweifacher Hinsicht auf die Holznutzung und Holzversorgung aus Wäldern des Landes aus: Kurz- und mittelfristig beeinflusst er die Entwicklung der bestehenden Wälder, langfristig wird er sich über den Aufbau neu zu begründender Wälder auf das Holzaufkommen zukünftiger Jahrzehnte auswirken. Zurzeit ist die Fichte noch der Hauptmotor der hohen Zuwächse in Baden-Württemberg. Bis Mitte der 90er Jahre waren bei dieser „Brotbaumart“ hohe Zuwachsraten zu verzeichnen, die seitdem jedoch zurückgehen. Für die Zukunft sind die Anbaumöglichkeiten für die Fichte jedoch kritischer zu sehen, allerdings mit deutlichen regionalen Unterschieden. Vor allem im Neckarland, im Kraichgau und in der Rhein-Ebene werden die Oberhöhenbonitäten der Fichte voraussichtlich um 5 bis 35 Prozent absinken. Auf den heutigen Hochleistungsstandorten im Alpenvorland erwarten die Experten nur geringe Bonitätsveränderungen und in den höheren Lagen der Schwäbischen Alb und des Schwarzwaldes werden die Zuwächse ansteigen. Als Alternative zur Fichte wird bereits heute vermehrt Douglasie angebaut, wobei deren Flächenanteile im Vergleich zu den bisherigen Hauptbaumarten um den Faktor 10 niedriger sind.

Im Gegensatz zur Fichte werden die Zuwächse der Buche nicht nur in den Hochlagen der Mittelgebirge ansteigen, sondern auch in den tiefer gelegenen Mittelgebirgslagen. Auch bei

Tanne und Eiche ist auf größeren Flächen der niedriger gelegenen Regionen mit einem Anstieg der Bonitäten zu rechnen.

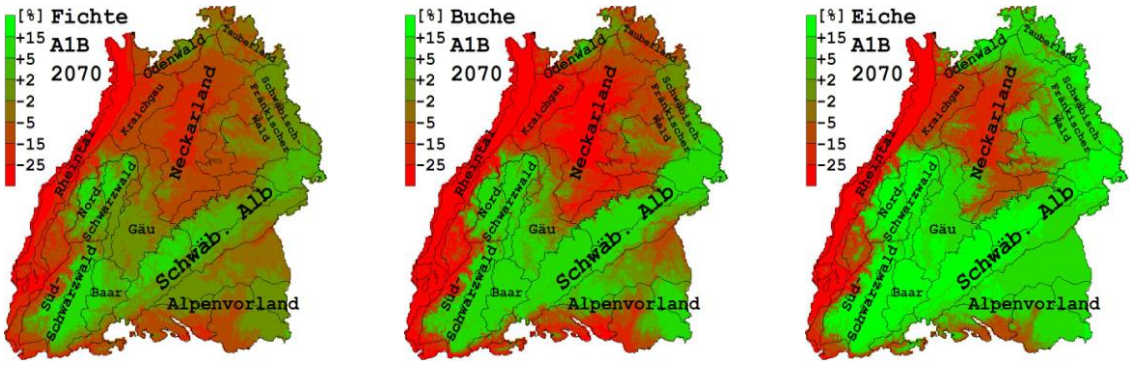


Abb. 3.1.3: Einschätzung der Zuwachsentwicklung bis zum Jahr 2070 (Oberhöhenbonität) bei den drei Hauptbaumarten Baden Württembergs nach Modellergebnissen von Nothdurft et al. (2012)

In Anbetracht der Verteilung der größeren Sägewerke wäre vor allem im Schwarzwald, im östlichen Oberschwaben und in Regionen im Osten Baden-Württembergs mit Engpässen bei der Nadelstammholzversorgung zu rechnen. Durch die Abhängigkeit vieler Forstbetriebe und der weiterverarbeitenden Industrie von der Baumart Fichte ergeben sich langfristig in hohem Maß Auswirkungen auf die bisherige Holzwirtschaft des Landes. Die Forstbetriebe und die Holzindustrie sollten rechtzeitig Vorkehrungen treffen, um sich auf die sich verändernden waldbaulichen Bedingungen und die Veränderungen bei der Holzversorgung einstellen zu können.

Potenzielle Anbauflächen in der Zukunft

Nach den derzeitigen Klimamodellen kann die Fichte bis zum Zeitraum 2020 bis 2029 noch gut in submontanen und montanen Lagen wachsen. Doch in ferner Zukunft (2050 bis 2059) schrumpfen die Anbaugebiete in großem Umfang, und der Anbau würde sich dann auf die Hochlagen des Schwarzwaldes, der Schwäbischen Alb und des südöstlichen Oberschwabens beschränken. Auch dort kann es auf trockenen Standorten jedoch zu verminderten Zuwächsen kommen.

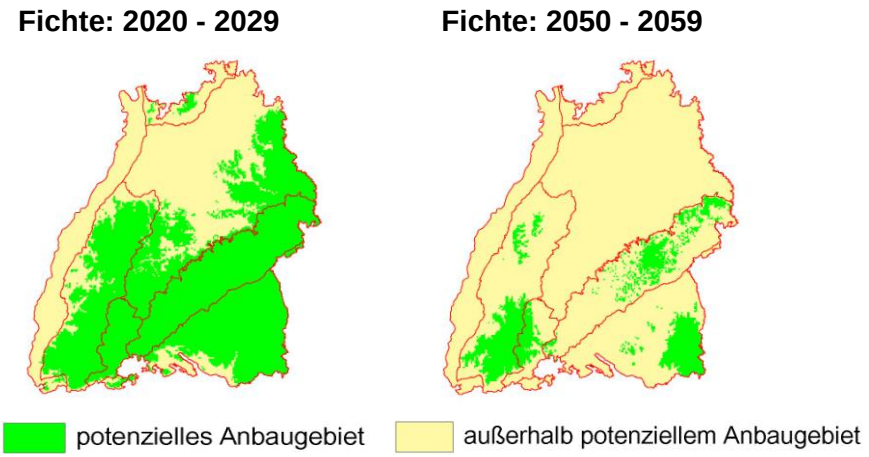


Abb. 3.1.4: Mögliche Entwicklung der potenziellen Anbaufläche (grün) bei der Fichte gemäß den Wuchsszenarien der FVA für die Jahre 2020-2029 und 2050-2059

Buchen und Eichen könnten dagegen mittel- und langfristig nahezu überall angebaut werden. Allerdings wird der Oberrheingraben voraussichtlich für alle drei Baumarten im Zeitraum 2080 bis 2089 ein Problemgebiet: Dort reduzieren sich für Fichten, Buchen und Eichen die geeigneten Flächen, so dass hier langfristig der Anbau alternativer Baumarten ins Auge gefasst werden muss.

Fazit: Bei der Fichte als wirtschaftlich wichtigster Baumart ist bei einer nachhaltigen Nutzung der Wälder mittelfristig vermutlich noch Holz in hinreichenden Mengen verfügbar, sofern keine klimabedingten Sekundärschäden auftreten. Allerdings kommt es regional bereits heute zu Versorgungsengpässen. Langfristig stufen die Forstexperten den Fichtenanbau im Land jedoch als zunehmend riskant ein. Der Rückgang der Anbaugebiete vor allem in den niederen Lagen gefährdet auf längere Sicht die nachhaltige Versorgung mit Nadelholz aus den Wäldern des Landes. In der Folge muss langfristig auch mit starken Umsatzverlusten bei den holzverarbeitenden Betrieben gerechnet werden. Insgesamt ist der Sektor Holznutzung und Holzversorgung auf lange Sicht als hoch vulnerabel einzustufen. Die Forstbetriebe und die Holzindustrie sollten rechtzeitig Vorkehrungen treffen, um sich auf die sich verändernden waldbaulichen Bedingungen und die Veränderungen bei der Holzversorgung einstellen zu können.

Montane Arten und wasserabhängige Wälder stark betroffen

Als besonders gefährdet können Tierarten und Biotope mit speziellen Anforderungen an ihr Habitat bzw. die Standortseigenschaften eingestuft werden. Vor allem montane Arten werden voraussichtlich zu den Verlierern der Klimaerwärmung gehören. Bei steigenden Temperaturen müssen sie in höhere Lagen ausweichen, und damit verkleinert sich deren Lebensraum.

Tab. 3.1.1: Jahresdurchschnittstemperaturen an den Standorten der als sensibel eingestuften Waldbiotope („Temperaturbereich"; ohne Ausreißer) sowie Anzahl der zukünftig in diesem Temperaturbereich (Modellwerte: Median) noch vorhandenen Biotope inklusive prozentualer Rückgang im Vergleich zu heute

Waldbiotoptyp	**heute**	**2021-2050**	**2071-2100**
Moorwälder - heutiger Temperaturbereich: 5,0 – 8,3°C			
Anzahl Flächen im heutigen Temperaturbereich	557	439	5
Rückgang im Vergleich zu heute		- 21%	- 99%
Bruch-, Sumpf- und Auwälder - heutiger Temperaturbereich: 5,6 – 10,8°C			
Anzahl Flächen im heutigen Temperaturbereich	3771	2833	555
Rückgang im Vergleich zu heute		- 25%	-85%
Schlucht-, Blockhalden-, Hangschuttwälder - heutiger Temperaturbereich: 4,6 – 10,3°C			
Anzahl Flächen im heutigen Temperaturbereich	2862	2714	565
Rückgang im Vergleich zu heute		- 5%	- 80%
Nadelwälder - heutiger Temperaturbereich: 4,6 – 8,4°C			
Anzahl Flächen im heutigen Temperaturbereich	521	422	41
Rückgang im Vergleich zu heute		- 19%	- 92%

Zu den stark gefährdeten Waldbiotopen zählen die besonders wasserabhängigen Ökosysteme: Nach den Szenarien werden bereits im Zeitraum 2021 bis 2050 viele Moorwälder Oberschwabens außerhalb ihres derzeitigen Temperaturbereichs liegen. Bei den Bruch-, Sumpf- und Auwäldern träfe dies auf die Waldbiotope im Oberrheingraben zu. Bei den Wäldern mit spezifischem Mikroklima wie Schlucht-, Blockhalden- und Hangschuttwälder wären es die Bestände im Oberrheingraben (Bereiche der Vorbergzone) sowie im Odenwald. Auch natürliche Nadelwälder im Neckarland, dem Schwarzwald und der Baar-Wutach-Region müssen als besonders sensibel eingestuft werden. Im Zeitraum 2071 bis 2100 werden zwischen 80 und 99 Prozent dieser Waldbiotope außerhalb ihres heutigen Temperaturbereichs liegen.

Fazit: Die Regionen des Schwarzwaldes mit seinen montanen Vogelarten und natürlichen Nadelwäldern, die Region Oberschwaben mit ihren Moorwäldern und die Auenwaldbiotope des Rheintals gehören in Baden-Württemberg zu den Bereichen mit hoher Vulnerabilität.

Gesamtbeurteilung der Vulnerabilität nach Teilbereichen

Insgesamt muss der Wald in seiner jetzigen Bewirtschaftungsform als hoch vulnerabel gegenüber dem Klimawandel angesehen werden. Angesichts der Sensitivität auf großer Fläche und der eingeschränkten Anpassungsmöglichkeiten können die Waldgesundheit, die Vitalität und die Stabilität heutiger Waldbestände in den meisten Teilen des Landes langfristig als hoch gefährdet eingestuft werden.

Tab. 3.1.2: Bewertung der Vulnerabilität nach Teilbereichen

Teilbereich	Exposition	Beobachtete Sensitivität	potentielle Auswirkungen	Anpassungskapazität	Vulnerabilität
Standort & Baumwachstum	hoch	hoch	hoch	eingeschränkt	hoch
Holzproduktion	hoch	-	hoch	eingeschränkt	hoch
Arten & Lebensräume	hoch	hoch	hoch	eingeschränkt	hoch
Wasser	hoch	-	mittel - hoch	eingeschränkt	hoch
Erholung	hoch	-	mittel	mittel	mittel

3.1.4. Anpassungsziele und Maßnahmen

Um die Wälder mit ihren vielfältigen Funktionen möglichst gut zu erhalten, sind kurz- bis mittelfristige Anpassungsmaßnahmen erforderlich, die sich auf die heute bestehenden Waldbestände konzentrieren, sowie langfristig angelegte Maßnahmen für den Waldaufbau der fernen Zukunft. Zentrales Ziel einer Klimaanpassungsstrategie muss es dabei sein, die Waldbestände so zu gestalten, dass sie robuster auf die zu erwartenden Klimaveränderungen reagieren und ihre vielfältigen Funktionen auch angesichts veränderter Standortbedingungen erfüllen können. Die erforderlichen Anpassungsmaßnahmen für einen klimagerechten Waldbau werden das bisherige Konzept des naturnahen Waldbaus künftig ergänzen.

Zur Risikominderung ist unter anderem eine hohe Strukturvielfalt hinsichtlich der Baumartenzusammensetzung und der Altersklassen erforderlich. Dieses Konzept der Diversifizierung (u.a. Etablierung von Mischbeständen) macht Waldbestände robuster. Auch bei der Baumartenwahl sollte die erwartete, langfristige Klima-Eignung im Vordergrund stehen. Diese Aspekte wurden in der Überarbeitung der Waldentwicklungstypen (WET) aufgegriffen, die im Staatswald Baden-Württemberg seit 1. April 2014 verbindlich umzusetzen sind. Insbesondere wurden dort auch wuchskräftige Nadelbaumarten berücksichtigt, die eine gegenüber der Fichte erwartete höhere Klimaplastizität aufweisen. Besondere Bedeutung kommt dabei der Douglasie zu

Die Waldentwicklungstypen dienen als Richtschnur für die Planung und Pflege von Waldbeständen und sollten möglichst rasch Anwendung in der forstlichen Praxis finden. Damit das Ziel des klimagerechten Waldbaus erreicht werden kann, ist zudem eine Anpassung bzw. Reduktion der Schalenwildbestände notwendig. Denn nur dort, wo der Verbissdruck durch Rehe und Hirsche gering ist, hat eine Naturverjüngung Chancen auf Erfolg. Durch sie kann bei den meisten Baumarten eine hohe genetische Vielfalt erreicht werden, die zur Risikominimierung gegenüber dem Klimawandel beiträgt.

Zehn empfohlene Maßnahmen mit hoher Priorität werden nachfolgend kurz beschrieben:

Maßnahmen zur Erhaltung vitaler, stabiler und anpassungsfähiger Wälder Mit dem Maßnahmenpaket „klimagerechter Waldbau“ soll ein Wald entwickelt werden, der sich auf lange Sicht als klimarobust erweist. Zentrales Ziel ist dabei, dass die Wälder angesichts der standortsklimatischen Veränderungen die verschiedenen Waldfunktionen erfüllen können.
Entwicklung von Methoden zur Dynamisierung der Baumarteneignungsbeurteilung Die bisherigen Standortkartierungen basieren auf Parametern zum Wasserhaushalt und der Nährstoff-Versorgung, die in der Vergangenheit festgestellt wurden. Der Klimawandel erfordert jedoch eine Neubewertung dieser Standortfaktoren, auch unter Berücksichtigung klimatischer Extremereignisse und Risiken. Deshalb müssen neue Methoden zur Dynamisierung von Zielgrößen der forstlichen Standortkartierung entwickelt werden. Auf Grundlage der im Gelände erfassten Standortmerkmale und regionalisierter Klimaparameter müssen der Wasserhaushalt, das Wachstumspotential, abiotische und biotische Risiken und weitere Standorteigenschaften in Modellen quantifiziert werden. Daraus lassen sich zukünftige Standorteigenschaften antizipieren und Empfehlungen zur Baumarten- und Herkunftswahl ableiten. Ergänzend zu berücksichtigen sind hier sowohl aussichtsreiche neue Baumarten-Kandidaten („assisted migration“) als auch seltene Baumarten. Diese Maßnahme ist die zentrale Grundlage für die waldbauliche Planung in der Zukunft und damit Voraussetzung für den Aufbau und die Sicherung vitaler, stabiler und anpassungsfähiger Waldbestände. Deshalb kommt ihr höchste Priorität zu. *Zuständigkeit:* Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, MLR *Betroffene Akteure*: ForstBW, LUBW, weitere Landesbehörden, Waldbesitzer (kommunal, privat) *Zeithorizont/Dringlichkeit:* kurzfristig, dringlich
Entwicklung eines Beratungskonzepts für Waldbesitzer Ein geeignetes Beratungskonzept soll dazu beitragen, dass die relevanten Akteure (kommunale und private Waldbesitzer, Forstbetriebsgemeinschaften etc.) die notwendigen Informationen zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel erhalten. Zentrale Inhalte: Verbesserung der Anpassungskapazität, Resilienz und Risikoverteilung durch Verwendung standortgerechter Baumarten und durch Etablierung von Mischbeständen sowie geeigneter Verjüngung. Bei der Erarbeitung des Konzepts sollen Vertreter der zu beratenden Institutionen einbezogen werden. Dazu braucht es gut ausgebildetes Forstpersonal, welches das Vertrauen der Waldbesitzer hat. Aufgrund der zahlenmäßig kaum überschaubaren Besitzerzahl und der enormen Heterogenität erfolgt insbesondere im Kleinstprivatwald (unter 2 ha) die Einbeziehung durch intensive Verbandsbeteiligung (Forstkammer). *Zuständigkeit:* Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, ForstBW, MLR, Forstkammer *Betroffene Akteure*: Landesregierung, LUBW, Interessenverbände (Forst, Naturschutz, Holzindustrie), Waldbesitzer (kommunal, privat), forstliche Vereinigungen (Forstbetriebsgemeinschaften, Forstwirtschaftliche Vereinigungen), Forstkammer *Zeithorizont/Dringlichkeit:* kurzfristig, dringlich

Monitoring von Schadorganismen
Monitoring-Systeme zur zeitnahen und raumbezogenen Erfassung von heimischen und gebietsfremden Schadorganismen sind zu optimieren. Sie stellen die Grundlage dar zur rechtzeitigen Einleitung von Gegenmaßnahmen inklusive Entwicklung von Frühwarnsystemen und sind wichtig für den Erhalt und die Verbesserung der Beratungs- und Dienstleistungstätigkeit.
Zuständigkeit: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, MLR
Betroffene Akteure: Landesregierung, ForstBW, LUBW, Gesundheitsbehörden, Interessenverbände (Forst, Naturschutz, Holzindustrie), Waldbesitzer (kommunal, privat), forstliche Vereinigungen (Forstbetriebsgemeinschaften, Forstwirtschaftliche Vereinigungen)
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, dringlich

Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und Förderung der Durchwurzelung
Als erste Teilmaßnahme wird die Vermeidung von Bodenverdichtung in der Bestandsfläche durch konsequente Konzentration der Befahrung durch Forstmaschinen auf Rückegassen und/oder Einsatz von alternativen Rückesystemen (Seilkran, Rückepferde), sowie die Minimierung der Flächenbeanspruchung durch Einhaltung des Rückegassen-Regelabstands von 40m empfohlen (s. Feinerschließungsmerkblatt der FVA 2003). Voraussetzung für die Realisierung dieser Vermeidungsstrategie ist die aktive Erhaltung der technischen Befahrbarkeit der Rückegassen unter Berücksichtigung der Feuchte und Verdichtungsempfindlichkeit der Böden, beispielsweise durch Einsatz von Schonbändern, Kettenlaufwerken oder den vermehrten Einsatz von 8- und 6-Rad-Maschinen, da hierdurch die Fahrzeuggewichte auf größere Standflächen verteilt werden und Spurbildung auf den Rückegassen vermindert wird. Dieser Aspekt wird durch den klimawandelbedingten Temperaturanstieg im Winterhalbjahr und den dadurch verkürzten Zeiträumen mit gefrorenen Böden immer wichtiger. Durch strikte Vermeidung von Bodenverdichtungen in der Bestandsfläche bzw. aktive Regenerationsmaßnahmen zur Beseitigung bestehender Befahrungsschäden wird die natürliche Bodenfruchtbarkeit und vor allem die Durchwurzelbarkeit der Böden erhalten. Zur Unterstützung dieser Maßnahme sind öffentliche Förderprogramme in Erwägung zu ziehen.
Die zweite Teilmaßnahme ist die standortdifferenzierte Bodenschutzkalkung, durch die sich unnatürlich stark versauerte Flächen stabilisieren lassen. Dabei geht die stabilisierende Wirkung vorwiegend von der kalkungsbedingten Vergrößerung der Durchwurzelungstiefe aus und führt zu verringerter Anfälligkeit gegenüber Trockenheitsstress. Da die Kalkung auch die Feindurchwurzelung fördert, werden insbesondere die trockenheitsgefährdeten Baumarten stabilisiert. Bei nachgewiesenem anthropogenem Kaliummangel kann im Zusammenhang mit der Bodenschutzkalkung auch eine Kaliumbeigabe sinnvoll sein. Dieses Maßnahmenbündel ist besonders geeignet, die klimaschutzrelevante Kohlenstoffspeicherfunktion von Wäldern dauerhaft zu erhalten und zu fördern. Sie sollte nicht auf sensitiven Naturschutzflächen durchgeführt werden.
Räumliche Schwerpunkte:
Befahrungssensitive Böden, unnatürlich stark versauerte Flächen mit trockenheitsgefährdeten Waldbeständen.
Zuständigkeit: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, ForstBW, MLR
Betroffene Akteure: Landesregierung, Naturschutzbehörden, Interessenverbände (Forst, Naturschutz, Holzindustrie), Waldbesitzer (kommunal, privat), forstliche Vereinigungen (Forstbetriebsgemeinschaften, Forstwirtschaftliche Vereinigungen)
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, mittel

Maßnahmen zur Erhaltung einer wirtschaftlichen Holznutzung
Angesichts der Unsicherheiten bei der Prognose der Folgen von Klimaveränderungen auf die Holzwirtschaft, sollten die Forstbetriebe auf eine breite Risikostreuung ihres Produktionskapitals achten. Die Unternehmen der Forstwirtschaft sind bei den langen Produktionszeiträumen und der hohen Kapitalbindung in Waldbeständen gut beraten, sich unterschiedliche Handlungsoptionen offen zu halten.

Entwicklung eines umfassenden Entscheidungsunterstützungssystems
Auf der Basis von klimasensitiv dynamisierten Modelle für Waldwachstum, Wasserhaushalt, Risiken und ökonomischer Zielgrößen sollte ein umfassendes System zur Unterstützung bei der Entscheidungsfindung (DSS Decision Support System) für Forstbetriebe entwickelt werden. Dabei sollte einerseits den naturalen Zieldimensionen wie Baumartenwahl und Aufbau klimagerechter Mischbestände (Resilienz) eine zentrale Rolle zukommen. Andererseits sind bei diesem Entscheidungsunterstützungssystem auch Komponenten der forstbetrieblichen Zieldimensionen zu berücksichtigen (ökonomische Ziele, Risikoaversion, Naturschutzziele im Zuge freiwilliger Selbstverpflichtung etc.).

Zuständigkeit: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, MLR, Universitäten
Betroffene Akteure: Landesregierung, ForstBW, LUBW
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, dringlich

Waldbauliche Maßnahmen zur Verringerung klimawandelbedingter Risiken
Aufgrund der allgemeinen Zunahme klimawandelbedingter Mortalitätsrisiken ist der Erhöhung der Stabilität und der Verbesserung der Resilienz baden-württembergischer Waldökosysteme mit waldbaulichen Methoden besonderes Augenmerk beizumessen. Dies beginnt bei der Baumartenwahl (Verknüpfung zu ID 1.1), in deren Zuge der Naturverjüngung Vorrang vor der Pflanzung eingeräumt werden sollte. Dieser Vorrang ist allerdings auf die Waldbestände begrenzt, in denen Samenbäume geeigneter Provenienz von Baumarten vorhanden sind, die auch unter Klimawandelaspekten als ausreichend risikoarm und standortsangepasst einzuschätzen sind. Verbissempfindliche Haupt- und Mischbaumarten sind hier durch geeignete Schutzmaßnahmen und angemessene Bejagung zu fördern. Im Zuge der Jungbestandspflege ist insbesondere auf die Erhaltung und Förderung der Baumartenmischung und –diversität zu achten. Insbesondere vor dem Hintergrund des Klimawandels verfolgt die Jungbestandspflege die beiden Hauptziele Stabilisierung und Risikostreuung, die im Wesentlichen durch Mischwuchsregulierung zugunsten aktuell (noch) wuchsunterlegener, klimastabiler Baumarten erreicht werden.
Während der Durchforstungsphase sind die Einzelbaumstabilität (Resistenz) sowie strukturreiche Waldaufbauformen (Resilienz) zu fördern.
Da die meisten der klimawandelbedingten Mortalitätsrisiken Altersrisiken sind, werden bei den besonders risikoprädisponierten Baumarten im Anschluss an die Durchforstungsphase besondere waldbauliche Präventionsmaßnahmen erforderlich. Besonders betroffen sind die dichtbenadelten Nadelbaumarten (Sturmrisiko), allen voran die Fichte (Sturm- und Borkenkäferrisiko). Dabei können Bewirtschaftungskonzepte mit moderat reduzierten Bestandeshöhen, Zieldurchmessern und Bestandsvorräten bereits maßgeblich zur Risikoreduktion gegenüber biotischen und abiotischen Risiken beitragen. Diese Risikoreduktion soll nicht flächendeckend, sondern lediglich in alten Nadelholzbeständen erfolgen, die besonders prädisponiert "klimalabil" sind. Moore als besonders vulnerable Systeme sind davon ausgenommen (siehe auch weiter unten "Pflegemaßnahmen zur Stabilisierung besonders durch den Klimawandel bedrohter Lebensräume").
Das raschere Ernten der klimalabilen Bäume und Waldbestände ermöglicht es den Bewirt-

schaftern darüber hinaus, die Baumartenzusammensetzung schneller in klimastabile Baumartenmischungen zu überführen (Waldumbau).

Zuständigkeit: ForstBW, Waldbesitzer (kommunal, privat)
Betroffene Akteure: Landesregierung, MLR, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Interessenverbände (Forst, Naturschutz, Holzindustrie), Waldbesitzer (kommunal, privat), forstliche Vereinigungen (Forstbetriebsgemeinschaften, Forstwirtschaftliche Vereinigungen)
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, dringlich

Optimierte Nutzung von Laubholz
Durch die Entwicklung effizienterer und innovativer Be- und Verarbeitungsmethoden ist die stoffliche Nutzung von Laubhölzern zu fördern. Es besteht hier erheblicher Bedarf an technologischer Innovation, um die Laubholzverwendung für Konstruktionszwecke zu erhöhen. Zur Verbesserung der Klimaschutzwirkung bei der Holznutzung ist das Verhältnis zwischen stofflicher und energetischer Nutzung erneut zu überprüfen und zu optimieren. Förderprogramme zur energetischen Holznutzung sind vor diesem Hintergrund zu revidieren, und es ist die Verbindung zur Bioökonomiestrategie des Bundes herzustellen.

Zuständigkeit: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Universitäten und Hochschulen des Landes mit holztechnischer Ausrichtung, MLR, Finanz- und Wirtschaftsministerium
Betroffene Akteure: Landesregierung, ForstBW, Interessenverbände (Forst, Holzindustrie)
Zeithorizont/Dringlichkeit: mittelfristig, dringlich

Maßnahmen zur Sicherung der Funktionen des Waldes als Lebensraum
In der Vergangenheit konnten sich Tier- und Pflanzenarten bei Klimaschwankungen durch Ausbreitung neue, geeignete Lebensräume erschließen. Die heutigen, vom Menschen geprägten Landschaftsstrukturen (Siedlungen, Zerschneidungen von Habitaten durch Verkehrswege etc.) und Nutzungsmuster sowie die hohe Geschwindigkeit der anthropogenen Klimaveränderungen erschweren dies. Funktionierende Biotopverbundsysteme verbessern die Zu- und Abwanderungsbewegungen zwischen Lebensräumen und sichern den genetischen Austausch zwischen Populationen. Zielführend ist es deshalb, vom Menschen verursachte, negative Einflussfaktoren auf Arten und Lebensräume zu reduzieren. Darüber hinaus können negative, klimatisch bedingte Auswirkungen auf Lebensräume durch Maßnahmen zur Verbesserung, Vergrößerung und Neuanlage von Habitaten kompensiert werden.

Sicherung und Wiederherstellung von Wanderungsbewegungen und Arealverschiebungen durch Umsetzung und Weiterentwicklung des Generalwildwegeplans (GWP)
Bei der weiteren Umsetzung und Weiterentwicklung des Generalwildwegeplans sollen dynamische Aspekte im Hinblick auf klimawandelbedingte Veränderungen von Artenvorkommen und Lebensräumen stärker berücksichtigt sowie nachgeordnete Skalenebenen einbezogen werden. Dabei muss das großräumige Konzept des GWP in kleinräumigeren Biotopverbundkonzepten berücksichtigt und zunehmend flächenkonkret auch im Wald umgesetzt werden. Besonderer Fokus sollte dabei auf ökologisch wertgebende Waldflächen, Strukturen und Mangelhabitaten unter Berücksichtigung der Schutzgebietskulisse und der Lebensstätten (klima-)gefährdeter Tier- und Pflanzenarten im Wald und den Übergangsbereichen zum Offenland liegen. Grundlage dieser Konzeption ist die klimawandeldynamisierte Modellierung der Habitateignung und darauf aufbauend der Artenverbreitung derjenigen Arten mit besonderem Schutzstatus.

Zuständigkeit: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Fachabteilungen der Regierungspräsidien, ForstBW, MLR
Betroffene Akteure: Landesregierung, ForstBW, FVA, LUBW, Landwirtschafts-, Naturschutz- und Wasserbehörden, Interessenverbände (Forst, Naturschutz, Holzindustrie), Waldbesitzer (kommunal, privat), forstliche Vereinigungen (Forstbetriebsgemeinschaften, Forstwirtschaftliche Vereinigungen)
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, dringlich
Räumliche Schwerpunkte: Räumliche Schwerpunkte ergeben sich aus der Raumkulisse des GWP, der ökologisch wertgebenden Waldflächen und Artvorkommen.

Pflegemaßnahmen zur Stabilisierung besonders durch den Klimawandel bedrohter Lebensräume

Neben dem Unterstützen natürlicher Wanderungsbewegungen und Arealverschiebungen durch Biotopverbundkonzepte sollen spezifische Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen auch im Wald diejenigen Biozönosen schützen, die bereits jetzt in Baden-Württemberg am Rand ihrer natürlichen Verbreitung stehen und durch den Klimawandel besonders bedroht sind. Dies sind insbesondere Bereiche, für die im Land keine Ausweichlebensräume vorhanden sind. Ziel dieser Maßnahme ist die Optimierung der Baumartenzusammensetzung und Bestandsstruktur, um die bedrohten Lebensräume so lange wie möglich zu erhalten. Konkret kann dies u. a. durch die Förderung von an die zukünftigen Standortsbedingungen angepassten oder anpassungsfähigen Baumarten und Provenienzen und die Entnahme standortfremder Arten bei der Waldpflege erreicht werden. Zu berücksichtigen ist, dass die Möglichkeiten der Einflussnahme bei Pflanzenarten und Vegetationstypen (z. B. submontane Abieteten oder planare Deschampsio-Fageten) deutlich geringer sind als die Möglichkeiten zur Sicherung bestimmter Tierarten, die im Zuge von Habitatanpassungsmaßnahmen leichter gefördert werden können. Die Identifizierung der konkreten Flächen sollte auf der Grundlage ökologischer Verbreitungsmodelle erfolgen. Massive Beeinträchtigungen durch Wegebau, Entwässerung oder Kalkung sollten vermieden werden. Räumliche Schwerpunkte sind die montanen und hochmontanen Lagen mit subboreal-reliktischem Charakter sowie feuchtigkeits- und nässegeprägte Standorte, insbesondere Moore, in Oberschwaben.

Zuständigkeit: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Fachabteilungen der Regierungspräsidien, ForstBW, MLR
Betroffene Akteure: Landesregierung, ForstBW, LUBW, Landwirtschafts-, Naturschutz- und Wasserbehörden, Interessenverbände (Forst, Naturschutz, Holzindustrie), Waldbesitzer (kommunal, privat), forstliche Vereinigungen (Forstbetriebsgemeinschaften, Forstwirtschaftliche Vereinigungen)
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurz- bis mittelfristig, dringlich
Räumliche Schwerpunkte: Montane und hochmontane Lagen der Mittelgebirge, Oberschwaben

3.2. Landwirtschaft

3.2.1. Eckdaten, Funktionen und Ziele

Die Landwirtschaft in Baden-Württemberg bewirtschaftet circa 40 Prozent der Landesfläche. Davon sind 58,1 Prozent Ackerland, 38,4 Prozent Grünland und 3,5 Prozent Dauerkulturen, hier vor allem Obst- und Weinbau.

Der Ackerbau hat große Bedeutung im nördlichen Rheintal, im Kraichgau, im Norden und in den Gäulandschaften. Mit zunehmender Höhenlage erhöht sich der Anteil an Grünland, das in den Mittelgebirgen dominiert und z.B. im Allgäu regional bedeutsam ist. Der Gartenbau erreicht in Kreisen mit günstigen natürlichen Bedingungen und/oder Verbrauchernähe (Oberrheintal, Region Stuttgart-Heilbronn) deutliche Flächenanteile. Der Obstbau ist am Bodensee, in der Oberrheinebene sowie in der Region Stuttgart-Heilbronn stark vertreten. Schwerpunkte des Weinbaus finden sich am Oberrhein vom Markgräfler Land bis zur Ortenau, um Heilbronn/Stuttgart und in Tauberfranken.

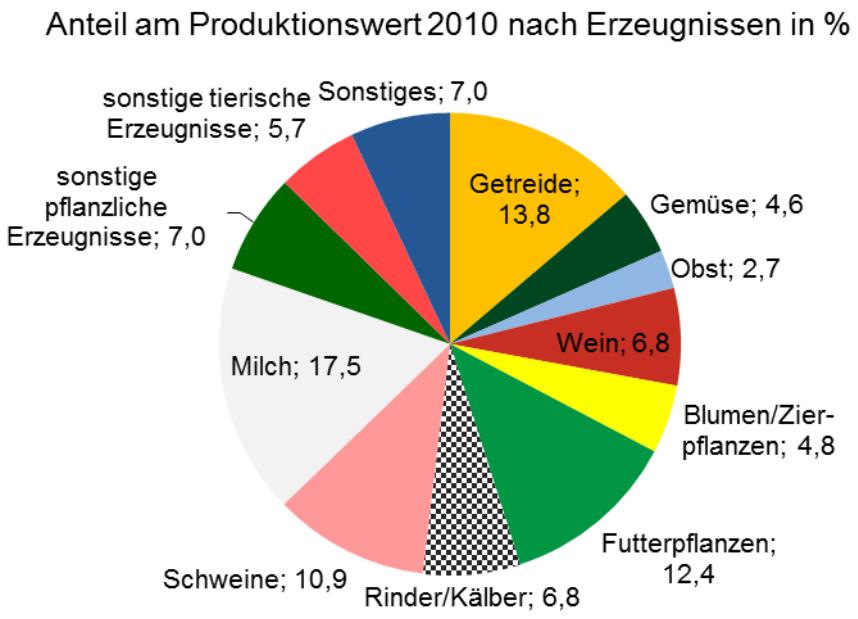


Abb.3.2.1: Produktionswert der Landwirtschaft im Jahre 2010 nach Erzeugnissen im Vergleich
Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

Die Viehwirtschaft stellt mit tierischen Produkten wie Milch und Fleisch über 40 Prozent des Produktionswerts der baden-württembergischen Landwirtschaft. Die Sonderkulturen (Garten-, Obst- und Weinbau) leisten mit 20 Prozent ebenfalls einen großen Beitrag zur Wertschöpfung, obwohl sie nur 3,5 Prozent der Fläche einnehmen. Die baden-württembergischen Obst- und Weinbauern erwirtschaften sogar etwa ein Viertel des gesamtdeutschen Produktionswertes für diese Kulturen.

In Baden-Württemberg sind noch über 40.000 landwirtschaftliche Betriebe tätig. In Land- und Forstwirtschaft erarbeiten 71.000 Erwerbstätige - mit Familienmitgliedern und Saisonarbeits-

kräften insgesamt 190.000 Personen - 2,3 Milliarden Euro. Im Hinblick auf die Möglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel ist jeder einzelne landwirtschaftliche Betrieb im Prinzip als Einzelakteur anzusehen. Insofern verteilen sich die Vulnerabilitätsrisiken auf viele Schultern. Entsprechend hoch sind auch die Vielfalt der möglichen Anpassungsmaßnahmen und damit die Wahrscheinlichkeit, dass eine ausreichende Anzahl der Betriebe im Klimawandel die „richtigen", regional und individuell angepassten Entscheidungen trifft. Außerdem kann sich die Landwirtschaft zumindest beim Ackerbau von Jahr zu Jahr bzw. von Fruchtfolge zu Fruchtfolge neu auf die klimatischen Gegebenheiten einstellen. Auch dies erhöht ihre Flexibilität und damit ihre Anpassungsfähigkeit.

3.2.2. Wirksame Klimafaktoren

Kein anderer Wirtschaftszweig ist so stark von Wetter, Witterung und Klima abhängig wie die Landwirtschaft. Von der Auswahl geeigneter Kulturpflanzen über das Vorkommen und die Entwicklung von Schädlingen bis hin zu Ertrag und Stallklima wird alles von klimatischen Faktoren beeinflusst. Folgende sind dabei besonders relevant:

- CO_2-Konzentration der Atmosphäre als zusätzlicher Parameter, da Kohlendioxid ein wichtiger Nährstoff für Pflanzen ist und sie auf Veränderungen der atmosphärischen CO_2-Konzentration reagieren,

- Temperatur, einschließlich Hitze, Früh-/Spätfröste,

- Niederschläge, einschließlich Trockenheit und Dürreperioden, aber auch Starkregen, Gewitter und Hagel.

Baden-Württemberg bietet hinsichtlich Klima, Relief und Boden eine Vielfalt an landwirtschaftlichen Standortbedingungen. In den verschiedenen Naturräumen des Landes wird sich der Klimawandel unterschiedlich auswirken.

3.2.3. Vulnerabilität und Auswirkungen

Höhere CO_2-Konzentration der Atmosphäre bringt mehr Ertrag

Wenn Pflanzen mehr CO_2 bekommen, steigern sie ihre Photosyntheseleistung. Die dadurch erzielbare Ertragssteigerung bei so genannten C3-Pflanzen wie Weizen und Kartoffeln liegt nach den vorliegenden Freilandversuchen mit den für die Jahre nach 2050 erwarteten höheren CO_2-Konzentrationen bei 8 bis 15 Prozent. Bei Grünland wurden Ertragssteigerungen zwischen 10 und 20 Prozent beobachtet. Im Gartenbau wird die CO_2-Düngung im Unterglasanbau seit langem eingesetzt. Höhere CO_2-Konzentrationen steigern nicht nur die Photosynthese und damit den Ertrag, sondern mindern auch die Transpiration, sodass der Bodenwasservorrat messbar geschont wird. Allerdings wirkt sich eine hohe CO_2-Konzentration negativ auf manche Qualitätseigenschaften wie den Rohproteingehalt von Getreide und Futterpflanzen aus.

Höhere Temperatur: verlängert die Vegetationszeit, vermehrt Schädlinge und Unkräuter

Höhere mittlere Temperaturen bieten Chancen für die hiesige Landwirtschaft: Im Obst-, Gemüse- und Weinbau können wärmebedürftige Arten und Sorten im Freiland angebaut und bessere Qualitäten erzielt werden. Im Ackerbau werden wärmeliebende Feldfrüchte wie Soja, Sorghum und Mais konkurrenzkräftiger und ihre Anbaugebiete weiten sich aus.

Bei Getreide verkürzt sich jedoch bei höheren Temperaturen die Kornfüllungsphase. Damit sinkt der Ertrag. Im Weinbau bedeuten höhere Temperaturen ein höheres Risiko für Traubenfäule, zu hohe Alkoholgehalte, eine veränderte Aromatik bei Weißweinen sowie zu niedrige Säurewerte. Bei Gartenbaukulturen ist im Sommer mit einem erhöhten Kühlbedarf unter Glas zu rechnen.

Schon seit Mitte des letzten Jahrhunderts verschieben sich die Entwicklungsstadien (Phänologie) der Kulturpflanzen im Jahreslauf zu früheren Zeitpunkten. Seit 1950 hat sich die Vegetationsperiode in Mitteleuropa durchschnittlich bereits um zehn Tage verlängert; sie beginnt vor allem früher. Verglichen mit dem Zeitraum 1961 bis 1990 ist für die Periode 1991 bis 2011 das Ährenschieben bei Winterweizen zehn Tage früher zu beobachten, bei der Wintergerste sind es acht Tage. Winterraps blüht eine Woche früher. Austrieb und Blüte bei Kernobst setzen bereits jetzt schon zehn Tage, die Erntereife teilweise drei Wochen früher als vor 30 Jahren ein. Die Reife von Weintrauben beginnt bis zu zwei Wochen eher.

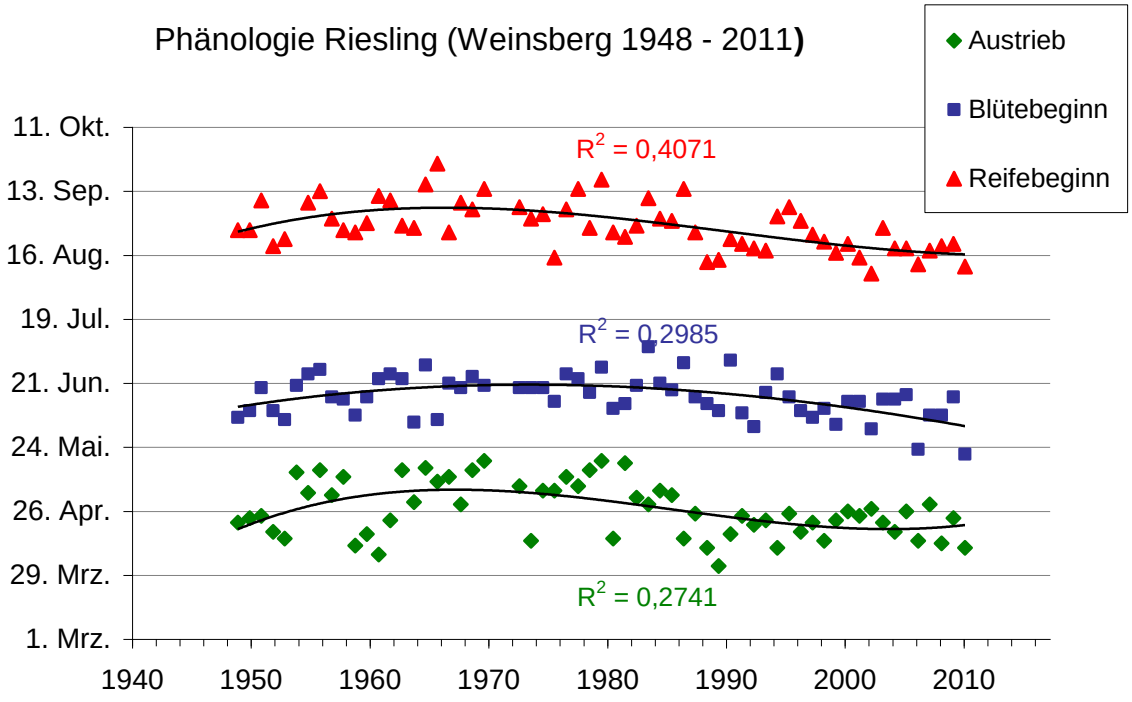


Abb. 3.2.2: Bei der Leitrebsorte Riesling haben sich wichtige phänologische Termine verschoben. Seit Ende der 1980-er Jahre setzen diese Stadien zunehmend früher ein. Quelle: LVWO Weinsberg

Dieser Trend wird sich den Klimaprojektionen zufolge auch in Zukunft fortsetzen. Manche Ackerbau-Kulturen wie zum Beispiel Mais, Zuckerrüben, Kartoffeln oder auch Grünland könnten prinzipiell davon profitieren. Wenn der Frühling früher beginnt und die Bodentemperaturen höher liegen, können Sommergetreide und Hackfrüchte früher eingesät werden. Die früher einsetzende Ernte bei Gemüse und Zierpflanzen ermöglicht eine bessere Marktbeschickung. Die Ausweitung der Anbauzeiträume ermöglicht frühere bzw. spätere Ernten als bisher und kann die Marktbelieferung verlängern, was wiederum mit Preisvorteilen und/oder einer kürzeren Lagerzeit einhergehen kann.

Problematisch könnten die höheren Temperaturen in Herbst, Winter und Frühjahr für Wintergetreide werden. Wenn sich die Winterungen zu schnell entwickeln, werden sie anfälliger gegen Frostschäden, Schädlinge und Pflanzenkrankheiten.

Höhere mittlere Temperaturen beeinflussen die Kulturpflanzen auch indirekt über die Zunahme von Unkräutern, Schädlingen und Krankheitserregern. Wärmeliebende und tief wurzelnde Unkrautarten werden profitieren; insgesamt wird das Unkrautartenspektrum zunehmen. Tierische Schädlinge sind in der Regel wärmeliebend. Sie können künftig besser überwintern und in der verlängerten Vegetationsperiode mehr Generationen ausbilden. Schädlinge wie der Apfelbaumwickler bilden jetzt schon stellenweise drei statt zwei Generationen aus. Der Maiszünsler, der bisher in Baden-Württemberg nur mit einer Generation vertreten war, entwickelt seit 2006 im warmen Oberrheingraben zwei Generationen. Wärmeliebende Tiere wie Schnell- und Maikäfer breiten sich in bisher kühlere Lagen aus. Die Larven des Schnellkäfers, als Drahtwürmer bekannt, fressen an Jungpflanzen und Wurzeln von Mais, Getreide und Kartoffeln.

Da viele Schädlinge auch als Virusvektor fungieren, ist mit einem verstärkten und früheren Auftreten von Viruskrankheiten zu rechnen. So war 2007 nach einem außergewöhnlich warmen Herbst und Winter das Gelbverzwergungsvirus ein großes Problem für die Gerste. Krankheiten durch wärmeliebende Pilze und Bakterien während der Vegetationsperiode werden ebenfalls zunehmen. Dazu gehören Schadpilze wie die Dürrfleckenkrankheit der Kartoffel, die Blattfleckenerreger im Mais, die Echten Mehltaupilze sowie Apfelschorf und Apfelmehltau. Vorstellbar ist auch, dass neue wärmeliebende Schaderreger aus dem Mittelmeerraum einwandern, wie das bereits mit dem Schnellkäfer *Agriotes sordidus* und der Pfirsichschildlaus geschehen ist. Nur Pilze, die in den Sommermonaten kühl-feuchte Bedingungen lieben, wie beispielsweise Rhynchosporium oder die Kraut- und Knollenfäule bei Kartoffeln, werden abnehmen.

Durch die mittel- und langfristig verlängerte Vegetationsperiode müssen die Landwirte, Gärtner und Winzer vermehrt Pflanzenschutzmaßnahmen durchführen. Das heißt: Mehr Arbeitsaufwand und im konventionellen Landbau auch mehr Einsatz von Pestiziden. Letzteres verstärkt die Gefahr, dass Unkräuter und/oder Schädlinge resistent gegen bestimmte Wirkstoffe werden. Dies ist bereits bei der Bekämpfung der Trespe, aber auch beim Rapsglanzkäfer oder bei der Botrytis von Erdbeeren zu beobachten.

Fazit: Insgesamt reagieren Kulturpflanzen vulnerabel auf den Anstieg der mittleren Temperatur. Der damit verbundene Anstieg von Krankheitserregern, Unkräutern und Schädlingen schadet den meisten Kulturpflanzen. Allerdings können für wärmeliebende Feldfrüchte wie Soja und Sorghum die Anbaugebiete ausgeweitet werden. Eher positiv wirken sich höhere Temperaturen im Wein-, Obst- und Gartenbau aus. Die längere Vegetationsperiode ermöglicht frühere Gemüseernten und verlängert die Saison im Zierpflanzenanbau.

Hitzebelastung: mehr Stress für Pflanzen

Temperaturen über 30°C beeinträchtigen den Ertrag und die Qualität der meisten Kulturpflanzen. Pflanzen sind in bestimmten sensiblen Phasen, zum Beispiel bei der Blütenentfaltung, für Hitzestress besonders empfindlich – bis hin zum Ertragsausfall. Die Hitzeempfindlichkeit bzw. -toleranz korreliert mit der Wasserversorgung: Hitze wirkt umso schlimmer, je weniger eine Transpirationskühlung Abhilfe schaffen kann, das heißt je trockener es ist. Während die Anzahl der Tropentage oder heißen Tage bis in die nahe Zukunft (2021-2050) im Landesmittel sich schon nahezu verdoppelt, wird in ferner Zukunft (2071-2100) mit einer Vervielfachung der heißen Tage zu rechnen sein. Regionale Hitzeschwerpunkte sind der Oberrheingraben, das Neckarbecken und das Bodenseegebiet. Geht man vom 50. Perzentil der Modellergebnisse aus, verdoppeln sich am Oberrhein in naher Zukunft die heißen Tage auf circa 20. In der fernen Zukunft werden 35 bis 40 Hitzetage erreicht. Wird das 85. Perzentil betrachtet, dann sind bereits in der nahen Zukunft 40 und in der fernen Zukunft 60 Hitzetage zu erwarten.

Wie ein Vergleich mit dem Hitzejahr 2003 zeigt, korrespondierten die Regionen mit deutlichem Ertragsrückgang mit den Regionen, in denen 30 Hitzetage und mehr auftraten. Das sind der Rheingraben, der Rhein-Neckarraum und das Bodenseegebiet. Vom möglichen Schadensausmaß her sind die Gebiete im Land besonders vulnerabel, die einen hohen Anteil an Obst-, Wein- und Gartenbau aufweisen, da Ertrags- und Qualitätsminderungen in den Sonderkulturen mit hoher Wertschöpfung besonders zu Buche schlagen. Die Schwerpunkte der Sonderkulturen liegen vor allem in den westlichen Regionen des Landes, im Bodenseeraum sowie im Stuttgarter und Heilbronner Raum. Das sind vielfach Regionen, die besonders in ferner Zukunft unter hoher Hitzebelastung leiden werden.

Die einzelnen Pflanzenarten vertragen Hitze und Trockenheit unterschiedlich gut: Bei Obstsorten und Gemüse kann zu starke Sonneneinstrahlung zu Schäden durch Sonnenbrand führen. Raps, Zuckerrüben und Kartoffeln sind relativ hitzeempfindlich und nur wenig trockentolerant. Die Getreidearten, vor allem Gerste, sind etwas toleranter, zeigen aber mit zunehmender Hitze auch Ertragsdepressionen. Pflanzen subtropischer Herkunft wie Mais, Hirsearten, Soja oder gar Baumwolle sind hingegen ziemlich hitzetolerant (35 bis 40°C). Mais und Soja können ihr Ertragspotential jedoch nur entfalten, wenn sie genügend Wasser haben. Hirse verträgt Trockenheit etwas besser.

Grünlandbestände sind weit anpassungsfähiger als Einzelarten, da sie ihre Artenzusammensetzung ändern können. Der Bestand als solches ist immer noch in der Lage, ausreichend Futter – allerdings meist schlechterer Futterqualität – zu bilden.

Fazit: Die meisten Kulturpflanzen sind sehr anfällig für Hitzebelastung. In ferner Zukunft wird mit Ertragsausfällen zu rechnen sein. Besonders gefährdet sind Regionen mit einer hohen Zahl von Hitzetagen wie der Oberrheingraben. Grünlandbestände sind anpassungsfähiger, ebenso Pflanzen subtropischer Herkunft wie Mais und Soja. Aber auch letztere geraten bei hohen Temperaturen in empfindlichen Phasen und bei Trockenheit an ihre Grenzen.

Tierhaltung: Hitze und Krankheiten machen Tieren zu schaffen

In der Viehhaltung wird die Hitzebelastung zu großen Problemen führen. Hohe Temperaturen beeinträchtigen Wohlbefinden, Leistung und Gesundheit der Tiere, insbesondere wenn die Luftfeuchte ebenfalls hoch ist. Bei Schweinen und Geflügel kann es zu Kreislaufversagen und erhöhter Mortalität kommen. Kühe fühlen sich bei 15°C am wohlsten; ihr optimaler Temperaturbereich liegt zwischen 4 und 16°C. In diesem Bereich verwerten die Wiederkäuer ihr

Futter am besten. Bei Hitzestress (abhängig von der Luftfeuchte) geht die Milchleistung der Kühe bis zu 20 Prozent zurück und die Fruchtbarkeit sinkt. Überdies verschlechtert die Hitze die Futterqualität, insbesondere bei Silagen.

Allerdings sind Rinder- und Schweinehaltung vor allem in den östlichen Regionen des Landes verbreitet und liegen damit in den Vergleichsgebietsgruppen, die bei der Hitzebelastung erst in ferner Zukunft und auch eher im 85. Perzentil hoch vulnerabel sein werden. Dennoch werden in manchen Jahren auch in diesen Gebieten mehr Tropentage als heute zu erwarten sein. Abgesehen davon gibt es auch Viehbestände - insbesondere Schweine - in vulnerableren Vergleichsgebieten wie dem Ortenaukreis.

Erhöhen wird sich auch das Risiko für Tierseuchen, die bisher auf wärmere Regionen beschränkt waren. Dies gilt insbesondere für Erkrankungen, die durch wärmeliebende Vektoren wie Insekten übertragen werden. Beispiele für Vektoren sind Gnitzen, Mücken und Zecken. Unter Umständen können auch einheimische Arten als Vektoren bisher unbekannter Krankheiten fungieren. Drei relevante exotische Seuchen sind in den letzten Jahren bereits nach Baden-Württemberg eingedrungen, haben hier Tiere befallen und Schäden angerichtet.

Tab. 3.2.1: Charakterisierung der in den letzten Jahren in Baden-Württemberg neu aufgetretenen vektorübertragenen Viruskrankheiten der Tiere

Seuche	**Erreger**	**Vektoren**	**betroffene Tierarten**
Blauzungenkrankheit	Reovirus	Gnitzen und Stechmücken	Wiederkäuer
Schmallenberg-Virus	Orthobunyavirus	Gnitzen und Stechmücken	Wiederkäuer
Usutu-Virus	Flavivirus	Stechmücken	insbesondere Vögel

Darüber hinaus profitieren die einheimischen Mücken- und Gnitzenarten von der Klimaerwärmung. Wenn die Temperaturen zunehmen, reifen die Larven in kürzerer Zeit, es wird mehr Nachwuchs erzeugt und die Viren beenden ihre Inkubationszeit im Vektor früher. Das erhöht den Infektionsdruck deutlich. Einige uns bisher kaum bekannte, durch Viren verursachte Seuchen könnten künftig über Vektoren nach Deutschland eingeschleppt werden. So übertragen Stechmücken Wiederkäuern das Rifttal-Fieber. Zecken könnten als Vektor für die Afrikanische Schweinepest und die Nairobi-Schlafkrankheit bei Ziegen und Schafen fungieren. Weitere Viruserkrankungen sind das Frühsommer-Meningoencephalitis (FSME)-Virus, das Tollwut-Virus und das Aviäre Influenza-Virus, als „Vogelgrippe“ bekannt.

Fazit: Tiere regieren ebenfalls sensibel auf Hitze: Schweine und Geflügel mit Kreislaufversagen, Kühe mit sinkender Milchleistung und Fruchtbarkeit. Das Risiko bekannter Tierseuchen steigt; neue Tierseuchen kommen hinzu.

Trockenheit: weniger Wasser führt zu geringeren Erträgen

Für die nahe Zukunft wurde in der Vegetationsperiode ein geringfügig niedrigerer Niederschlag berechnet, für die ferne Zukunft circa 10 Prozent weniger Niederschlag (50. Perzentil). Selbst ein moderater Niederschlagsrückgang schafft in ohnehin niederschlagsarmen Regionen Probleme oder verschärft sie noch, zumal die Evapotranspiration mit steigender Temperatur stark zunimmt und damit das verfügbare Wasser im Boden abnimmt. Daneben hängt die potenzielle Wasserversorgung der Pflanzen von der Wasserspeicherfähigkeit des Bodens bzw. der nutzbaren Feldkapazität ab. Bei zunehmender Trockenheit in der Vegetationsperiode wird die Bodenqualität künftig wichtiger und die Ertragsleistung besserer und geringerer Böden differenziert sich noch stärker. Die Grünlandbestände in Baden-Württemberg sind besonders auf flachgründigen Böden, zum Beispiel in den Gäulandschaften, Teilen der Schwäbischen Alb sowie im Bauland betroffen. Schon heute lässt sich im intensiven Gemüsebau und Freilandzierpflanzenbau nur mit Zusatzbewässerung das Ertragspotential ausschöpfen und die Qualität sichern.
Hinsichtlich Hitze und Trockenheit kann der Sommer 2003 als Modellfall für die ferne Zukunft gelten. Die Abweichung der Temperatur im Monatsdurchschnitt vom langjährigen Mittel betrug sowohl im Juni als auch im August 2003 zwischen 5 und 7 Grad. Die Bodenfeuchte war außergewöhnlich gering. Die landwirtschaftlichen Erträge brachen gegenüber den Vorjahren teilweise deutlich ein, der Ertragsrückgang war jedoch regional und kulturartspezifisch unterschiedlich stark.

Tab.3.2.2: Ertragsdifferenzen (Δ E in %) verschiedener Kulturen 2003 im Vergleich zum Vorjahr im Durchschnitt Baden-Württembergs; Quelle: nach Daten des Statistischen Landesamtes BW

Kultur	Winterweizen	Wintergerste	Sommergerste	Silomais	Zuckerrüben	Kartoffeln
Δ E [%]	-12,5	-12,3	+2,3	-13,7	-28,1	-20,9

Fazit: Die Trockenheit in der fernen Zukunft führt zu Ertragseinbußen, die je nach Kulturpflanzenart, Region und Bodenbeschaffenheit unterschiedlich hoch ausfallen werden. Im Freilandanbau von Gemüse und Zierpflanzen ist eine hohe Vulnerabilität zu erwarten, wenn die Infrastruktur für die Bewässerung und die zur Verfügung stehende Wassermenge nicht ausreichen, um negative Wasserbilanzen im Sommer auszugleichen. Grünland ist auf flachgründigen Böden vulnerabel.

Hohe Winterniederschläge, Starkniederschlag und Hagel
Durch die projizierten höheren Niederschläge im hydrologischen Winterhalbjahr werden die Grundwasservorräte wieder aufgefüllt. Allerdings können sich dadurch Auswaschungsvorgänge (z.B. Nitrat) und Bodenerosion verstärken, zumal auch die Starkniederschläge eher zwischen September und Februar zunehmen werden. Staunässe und Überflutung beeinträchtigen möglicherweise die Entwicklung von Winterungen und Dauerkulturen. Im Herbst und Frühjahr kann es zu Problemen mit der Befahrbarkeit der Böden kommen, was die Bewirtschaftung der Flächen erheblich erschwert. Wird der zu feuchte Boden dennoch befahren, kann der Boden verdichtet werden.

Das Gewitterpotenzial und damit Hagelereignisse werden künftig zunehmen. Nach Angaben von Hagelversicherern hagelt es bereits heute häufiger als in vorherigen Jahrzehnten. Die Hagelsaison hat sich um fünf bis zehn Tage verlängert.

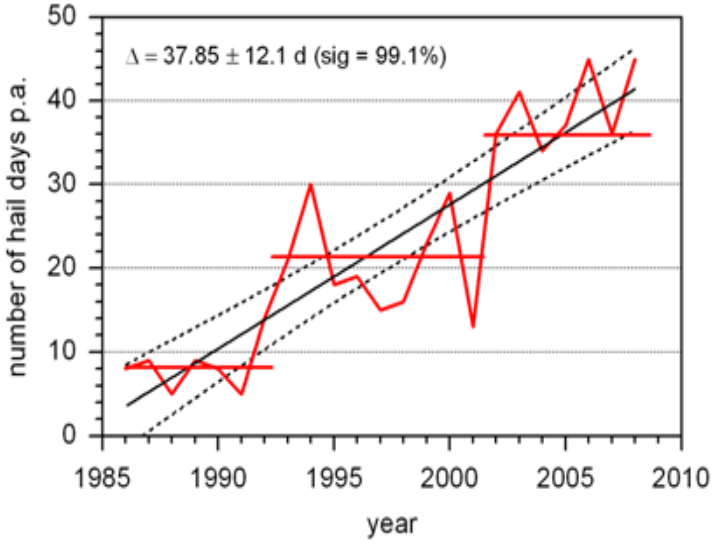


Abb. 3.2.3: Anzahl der Tage, an denen in Baden-Württemberg mehr als 10 Gebäude durch Hagel beschädigt wurden (Versicherungsdaten korrigiert bezüglich der jährlichen Änderung der Versicherungsverträge und -summen); Quelle: Kunz, KIT (2012)

Hagelereignisse können punktuell in kleinflächigen, aber wertvollen Sonderkulturen des Garten-, Obst- und Weinbaus immensen Schaden anrichten. Besonders rund um die Ballungszentren wie Stuttgart, Mannheim und Karlsruhe schützen die Landwirte ihr Gemüse und ihre Zierpflanzen mit Gewächshäusern und Folientunneln. Werden diese bei schwerem Hagel ebenfalls zerstört, sind die Schäden umso größer.

Fazit: Die Wahrscheinlichkeit von Starkniederschlägen und vermutlich auch Hagelschlag wird steigen und damit die Vulnerabilität gegenüber Bodenerosion und Pflanzenschäden. Höhere Winterniederschläge erhöhen die Anfälligkeit gegenüber Verdichtung und Vernässung der Böden.

Vulnerabilitätsbewertung für Hitze, Trockenheit und Bodenerosion

Um die mögliche Wirkung der Klimaveränderungen auf die Landwirtschaft räumlich differenziert zu analysieren, werden die landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete bzw. Vergleichsgebietsgruppen genutzt. Diese Vergleichsgebiete unterteilen das Land nach Gebieten gleicher natürlicher landwirtschaftlicher Ertragsfähigkeit. Als Maß für die Hitzebelastung wurde die Anzahl der Tropentage im Jahr gewählt. Für die Vulnerabilitätsbewertung gegenüber Trockenheit wurde die nutzbare Feldkapazität der Böden mit der klimatischen Wasserbilanz verknüpft. Die Vulnerabilität gegenüber Starkniederschlägen und Bodenerosion folgt dem Gutachten im Handlungsfeld Boden.

Im 50. Perzentil der nahen Zukunft (2021-2050) sind noch alle Vergleichsgebietsgruppen des Landes gering vulnerabel. Bei stärker ausgeprägten Klimakennwerten (85. Perzentil bei Hitze oder 15. Perzentil bei Trockenheit) oder in ferner Zukunft (2071-2100) steigt die Vulnerabilität besonders in den Regionen des Landes an, die bereits heute vergleichsweise warm, trocken oder erosionsanfällig sind. Im Prinzip gilt diese Einschätzung auch für die Grünlandbestände, wobei es hier stärker auf die Exposition und Gründigkeit der Böden ankommt.

Tab. 3.2.3: Gesamtbewertung der Vulnerabilität landwirtschaftlicher Vergleichsgebietsgruppen in Baden-Württemberg gegenüber Hitze, Trockenheit und Bodenerosion für die nahe Zukunft (2021-2050) und die ferne Zukunft (2071-2100). Bewertungsskala Vulnerabilität:

gering	*mittel*	*hoch*

VGG-Nr.	Bezeichnung	n50 nahe Z.	f50 ferne Z.	n85 H/ p15 T nahe Z.	f85 H/ p15 T ferne Z.
1	Unterland/Gäue	E	H/E	H/T/E	H/T/E
2	Rhein/Bodensee	H/T	H	H/E	H/E
3	Schwarzwald	H/T	H/T/E	H/T/E	H
4	Alb/Baar	H/T	H/T/E	T	H/T
5	Allgäu	H/T	H/T/E	H/T	H
6	Oberland/Donau	H/T	H	H	H
7	Albvorland/Schwäb. Wald	H/T	H/T	T	H/T
8	Bauland/Hohenlohe	H/T	H/T	T	H/T

H: Hitze bestimmt Gesamtbewertung; T: Trockenheit bestimmt Gesamtbewertung; E: Erosionsrisiko bestimmt Gesamtbewertung; n/f15 = 15-Perzentil, n/f50 = 50-Perzentil (Median), n/f85 = 85-Perzentil

Erläuterung: Um auch extremere Szenarien abzubilden, zeigt die Tabelle nicht nur die Vulnerabilitätseinschätzung für den Median (n/f50), sondern auch für ein ungünstigeres Szenario: Das 85. Perzentil der Modellergebnisse für Tropentage und das 15. Perzentil der Modellergebnisse für die klimatische Wasserbilanz, verknüpft mit der jeweiligen Bewertungsmatrix, repräsentieren mögliche stärkere Ausprägungen des Klimasignals. Im einen Fall weisen 15 Prozent der Modelle noch mehr Hitzetage auf; im anderen Fall sind 15 Prozent der Modelle noch trockener. Auf einen Blick: Je mehr Parameter im Vergleichsgebiet im roten Bereich liegen, desto problematischer wirken sich hier die Klimaveränderungen aus.

Fazit: Im 85. Perzentil der nahen Zukunft und im 50. Perzentil der fernen Zukunft sind die Vergleichsgebietsgruppen Unterland/Gäue und Rhein/Bodensee hoch vulnerabel gegenüber Hitze. Beim 85. Perzentil der fernen Zukunft sind alle Regionen hoch anfällig gegen Hitzebelastung. Im 15. Perzentil der nahen und fernen Zukunft erweisen sich die Gebiete Bauland/Hohenlohe und Albvorland/Schwäbischer Wald als hoch vulnerabel gegenüber Trockenheit. Die Bodenerosion zeigt für das 85. Perzentil der nahen und fernen Zukunft eine deutliche Zunahme der Vulnerabilität vor allem in den Landschaften Unterland/Gäue und Oberrhein/Hochrhein.

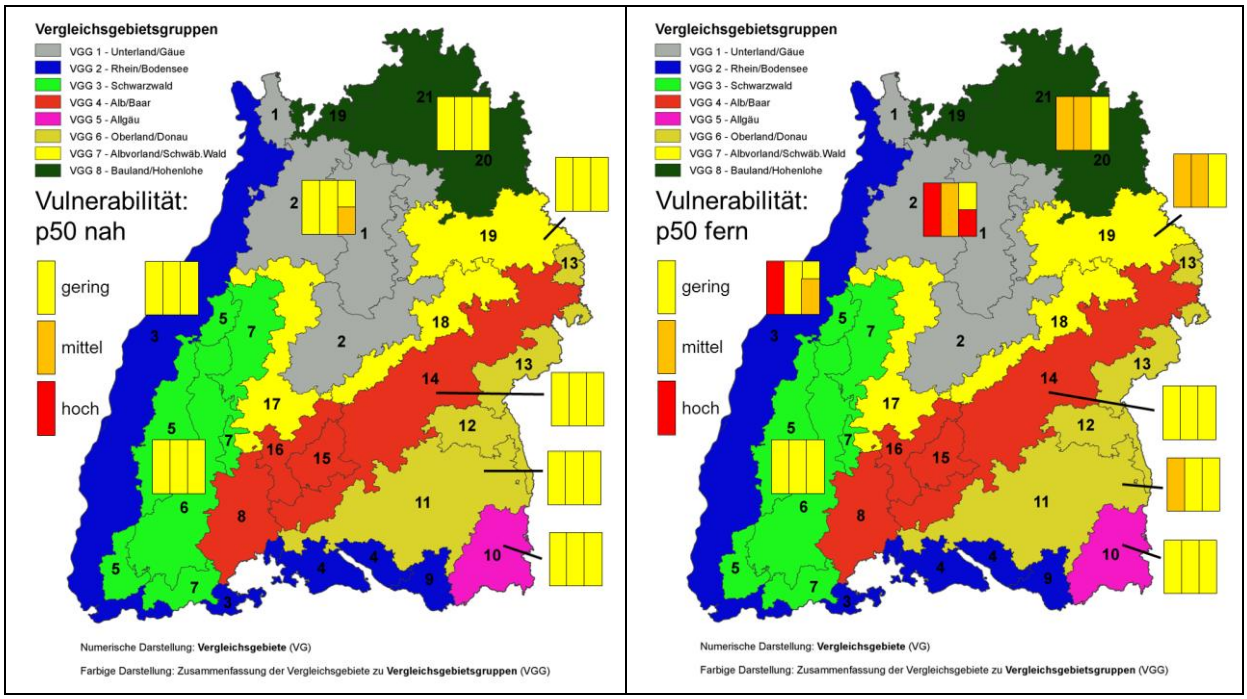


Abb. 3.2.4: Zusammenfassende Vulnerabilitätsbewertungen für die nahe und ferne Zukunft in den landwirtschaftlichen Vergleichsgebietsgruppen Baden-Württemberg im 50. Perzentil (p50 = Median),
Linker Balken: Hitze, mittlerer Balken: Trockenheit, rechter Balken: Bodenerosion

3.2.4. Anpassungsziele und Maßnahmen

Die Anpassungsmaßnahmen in der Landwirtschaft verfolgen vor allem das Ziel, Schäden der Landwirtschaft hinsichtlich der Auswirkungen von Hitze und Trockenheit, Tier- und Pflanzenkrankheiten sowie durch Extremereignisse als Folge des Klimawandels zu vermeiden. Andererseits gilt es Chancen für landwirtschaftliche Produkte, die sich aus den Klimaveränderungen ergeben, zu nutzen. Die Wettbewerbsfähigkeit der baden-württembergischen Landwirtschaft soll erhalten oder gesteigert werden.

Um die Landwirtschaft fit für den Klimawandel zu machen, gibt es ein ganzes Bündel an Anpassungsmaßnahmen. Im Pflanzenbau ist der verstärkte Anbau von hitze- und trockenheitsresistenten Sorten gefragt. Weitere drängende Maßnahmen im Acker- und Gartenbau sind bei den prioritären Maßnahmen beschrieben.
Bei der Düngung werden stabilisierte Düngerformen, platzierte Düngung, Depotdüngung im Wurzelraum und Blattdüngung interessanter. Die Obst- und Weinbauern in warmen Regionen können auf späte Sorten wechseln. Hitzeempfindliche Apfelsorten und Weißweinreben können in höhere und/oder kühlere Regionen des Landes verlagert werden. Frostschutzmaßnahmen bleiben weiterhin aktuell. Der Schutz wertvoller Kulturen vor Starkregen und Hagel wird sogar wichtiger. Die größte Herausforderung liegt im Pflanzenschutz. Hier kommt es darauf an, etablierte, neue und Quarantäne-Schaderreger intensiver zu überwachen. Die Bekämpfungsmaßnahmen wie Entwicklung und Optimierung von Pflanzenschutzmitteln, der integrierte Pflanzenschutz, die biologische Bekämpfung und die Züchtung auf Schaderregerresistenz müssen sich anpassen.

Um Tierkrankheiten vorzubeugen, empfiehlt sich ebenfalls ein intensives Monitoring von Krankheitserregern/Vektoren. In den Stallungen von Rindern, Schweinen und Geflügel müssen verschiedene Möglichkeiten der Kühlung und Klimatisierung vorgesehen werden. Beim Weidegang müssen die Tiere ausreichend Tränkwasser und Witterungsschutz bekommen.

Akteure für die Umsetzung der Maßnahmen sind vor allem die Landwirte selbst. Sie können bei Bedarf schon jetzt viele bereits erprobte Anpassungsmaßnahmen einsetzen. Die Beratungsinstitutionen und Landesanstalten können die Landwirte, Obst- und Weinbauern dabei unterstützen. Hohe Priorität haben no-regret-Maßnahmen wie Erosionsschutz und Humusreproduktion. Andere Maßnahmen benötigen längeren Vorlauf, weil noch Forschungen sowie Anstrengungen der Pflanzenzüchtung notwendig sind. Von hoher Priorität und hoher Dringlichkeit sind Maßnahmen der Pflanzenzüchtung, des Pflanzenschutzes und der Tierseuchenbekämpfung.

Als prioritär wurden folgende zehn Maßnahmen definiert:

Ackerbau
Konservierende Bodenbearbeitung anwenden und ausdehnen Konservierende Bodenbearbeitung, vor allem Mulchsaat und auf geeigneten Standorten auch Minimalbodenbearbeitung statt wendender Bodenbearbeitung wie z.B. Pflugeinsatz, mindert die Erosion und schont die Bodenwasservorräte und das Bodenleben. Das hilft sowohl gegen die Auswirkungen von Starkniederschlägen als auch gegen Trockenheit. *Zuständigkeit:* Landwirtschaftsverwaltung über Beratung und Kontrolle der Erosionsminderungsmaßnahmen *Betroffene Akteure*: Landwirte, Gartenbauer, Berater, Agrartechnik *Zeithorizont/Dringlichkeit:* kurzfristig, mittel (in erosionsgefährdeten Gebieten wird Mulchsaat häufig schon angewendet) **Fruchtfolge erweitern und verschiedene Sorten pro Kulturart anbauen** Mit einer mehrgliedrigen Fruchtfolge und der Verwendung mehrerer Sorten pro Kulturart lässt sich das Anbaurisiko streuen: Statt wie bisher auf ein bis drei Kulturarten pro Fruchtfolge zu setzen, sollten die Betriebe jetzt vier- bis fünfgliedrige Fruchtfolgen fahren. Statt einer dominanten Hochertragssorte sollten die Landwirte künftig mehrere verschiedene Sorten verwenden. Zur Fruchtfolgenerweiterung zählen auch Zwischenfrüchte (Winterbegrünung), die gleichzeitig dem Erosions- und Grundwasserschutz sowie dem Humusaufbau dienen. *Zuständigkeit:* Landwirtschaftsverwaltung, Landesanstalten *Betroffene Akteure*: Landwirte, Verarbeiter, Berater, Pflanzenzüchter, Versicherungen *Zeithorizont/Dringlichkeit:* kurzfristig, mittel

Pflanzenschutz
Etablierte und neu auftretende Schaderreger überwachen und Vorsorge treffen Die allgemeine Erwärmung wird dazu führen, dass sich etablierte Schaderreger ausbreiten und neue auftreten. Beide Gruppen müssen künftig intensiv überwacht werden (inkl. Einfuhrkontrollen), um ein Frühwarnsystem aufzubauen. Landwirte, Gärtner,Winzer und Obstbauern erhalten Prognosen zum Auftreten der Schaderreger und werden über Abwehrmaßnahmen beraten. Hierzu ist eine verstärkte Forschung notwendig. *Zuständigkeit:* Landwirtschaftsverwaltung und Institutionen der angewandten Forschung auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene, Kontrollbehörden (Zoll, Grenzen) *Betroffene Akteure*: Forschung, Pflanzenschutzberatung, Landwirte, Winzer, Obstbauern, Gartenbauer, Verbände, staatliche Behörden, Bevölkerung *Zeithorizont/Dringlichkeit:* kurzfristig, hoch
Frostschutzmaßnahmen ausbauen Trotz abnehmender Frosttage bleibt die Gefahr von Spätfrostschäden, da Winterungen und Dauerkulturen in milden Wintern eine verminderte Kälteresistenz aufweisen bzw. die Vegetation früher einsetzt, jedoch Kaltlufteinbrüche weiterhin möglich sind. In frostgefährdeten Gebieten sollten keine empfindlichen Arten/Sorten gepflanzt werden (standortgerechte Arten- bzw. Sortenwahl). Um die Kulturpflanzen vor Früh- und Spätfrösten zu schützen, sollte die Möglichkeit bestehen, sie mit Vliesen abzudecken, eine Frostschutzberegnung durchzuführen usw. *Zuständigkeit:* Landwirte, Obstbauern *Betroffene Akteure:* Landwirte, Obstbauern, Wasserwirtschaft *Zeithorizont/Dringlichkeit:* mittelfristig, hoch
Wertvolle Kulturen vor Hagel und Starkregen durch Überdachungssysteme und Risikominimierung schützen Starkniederschläge mindern die Fruchtqualität von Kirschen und Beeren. Hagel schädigt alle Kulturen. Deshalb sollten wertvolle Kulturen im Obstbau und andere Sonderkulturen in besonders gefährdeten Gebieten mit Hagelnetzen und/oder Foliendächern geschützt werden. Vorbeugend sollte eine Risikominimierung durch Streuung der Anbauflächen stattfinden. Als Steuerungsinstrument kann hier die „Gebietskulisse“ dienen. *Zuständigkeit:* Landwirte, Gartenbauer, Obstbauern, Winzer, Bund (Risikorücklage) *Betroffene Akteure*: Landwirte, Winzer, Obstbauern, Gartenbauer, Beratung, Banken, Verbände, Kommunen, Versicherungen, DWD (über Radolan zur Niederschlagsprognose) *Zeithorizont/Dringlichkeit:* mittelfristig, hoch

Acker-, Garten-, Obst- und Weinbau
Bewässerung aufbauen und Verfahren optimieren Die für die landwirtschaftliche Bewässerung verfügbaren Wasservorräte in Grund- und Oberflächenwasser sollten gemeinsam mit der Wasserwirtschaft erfasst werden. Bei der Erkundung der Wasservorräte sind die heutige und die zukünftig zu erwartende Wasserverfügbarkeit zu prüfen. Die Kulturpflanzenwahl und die Bewässerung sind an der Ressourcenverfügbarkeit auszurichten. Dabei sind auch die Belange der Fischerei und des Naturschutzes zu berücksichtigen. Die Verfügbarkeit ist durch Sicherung von Retentionsräumen und Böden zu unterstützen. Die für die ressourcenschonende Erschließung notwendige Infrastruktur (Brunnen, Leitungen, Pumpen usw.) muss von den Nutzern aufgebaut werden. Gegebenenfalls empfehlen sich hier überbetriebliche Lösungen über Beregnungsverbände und die Nutzung von Synergien zwischen Sonderkulturen und Ackerbau. Der kurzfristige Bewässerungsbe-

darf wird bei Trockenphasen im Gartenbau steigen. Die Bewässerungsverfahren müssen fortlaufend technisch optimiert werden.
Zuständigkeit: Landwirtschaftsverwaltung, Wasserwirtschaft, Landwirtschaftsverbände
Betroffene Akteure: Landwirtschafts- und Wasserwirtschaftsverwaltung, Wasserwirtschaft, Hersteller und Handel, Landwirte, Gartenbau, Gemeinden
Zeithorizont/Dringlichkeit: mittelfristig, hoch

Sortenspektrum anpassen
Obstbauern, Winzer, Landwirte und Gärtner können sich mit dem Anbau von geeigneten Sorten an die Klimaveränderungen und ihre Folgen für Vegetationsverlauf und Krankheitsdruck anpassen. Hierfür ist bei der Züchtung von Sorten der Klimaaspekt stärker zu berücksichtigen. Es ist weiterhin wichtig, dass der Markt sich an das veränderte Sortiment anpasst und die neuen Sorten annimmt.
Zuständigkeit: Landesanstalten, Sortenämter, Saatgutunternehmen, Handel
Betroffene Akteure: Winzer, Obstbauern, Gärtner, Landwirte, Verbände, staatliche Behörden, Pflanzenzüchter, Berater, Handel und Bevölkerung (Markt)
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, hoch

Gartenbau

Die Klimaführung und die Kulturfolge gartenbaulicher Kulturen anpassen
Für gartenbauliche Kulturen sollten neue Anbauverfahren und Sortimentszusammenstellungen entwickelt werden. Notwendig sind Klimastrategien für die wirtschaftlich wichtigen Kulturen, z.B. Tomaten und Gurken. Die Steuerung der Klimabedingungen kann beispielsweise mit Hilfe eines Klimacomputers und dem Einsatz von Schattierung und Temperaturregulation erfolgen. Bewässerungs- und Düngungsverfahren müssen neu optimiert werden.
Zuständigkeit: Landesanstalten, Forschungseinrichtungen
Betroffene Akteure: Gartenbauberatung, Gartenbaubetriebe, Züchter, Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt, Universität Hohenheim
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, hoch

Grünland

Intensiv genutztes Grünland gezielt verbessern (lückige Grünlandnarben verbessern)
In Zeiten des Klimawandels gibt es wahrscheinlich nur noch sehr verkürzte Perioden mit optimalen Bedingungen, um intensiv genutzte Grünlandbestände zu verbessern. Die derzeitigen Methoden müssen zielgerichtet verändert werden. Neue, trockenheitsverträglichere Pflanzenarten, andere Düngesysteme und gezielte Maßnahmen der Folgenutzung sind erforderlich. Diese Methoden müssen erprobt und in die landwirtschaftliche Praxis transferiert werden.
Zuständigkeit: LAZBW, Landratsämter bzw. Beratungsdienste für Rinderhaltung
Betroffene Akteure: Produktionsbetriebe, Pflanzenzüchter, LAZBW, Universität Hohenheim
Zeithorizont/Dringlichkeit: Methoden müssen sich ständig anpassen, kurzfristig realisierbar

Schweinehaltung

Wärmebelastung für Schweine bei Stallneubauten und in bestehenden Ställen und bei Stallneubauten vermindern

Bei Neubauten von Stallanlagen ist durch eine geeignete Standortwahl und energieeffiziente Bauweise die Aufheizung der Ställe durch Sonneneinstrahlung zu verringern. In frei belüfteten Ställen in alternativer Bauweise kann der Baukörper in den Nachtstunden auskühlen. Zur Kühlung von Stallungen konventioneller Bauweise sollten vorrangig mit erneuerbaren Energien betriebene Anlagen zum Einsatz kommen. Für beide Bauweisen bzw. darin integrierte Kühlmöglichkeiten gibt es staatliche Förderprogramme (z.B. Agrarinvestitionsförderungsprogramm), die erhalten und in diese Richtung weiter ausgebaut werden sollten. In bestehenden Ställen sollten ressourceneffiziente Kühlsysteme eingesetzt werden, die die Umgebungsluft im unmittelbaren und/oder mittelbaren Tierbereich aktiv abkühlen. Bei Neu- und Umbau von Stallanlagen empfiehlt sich eine verfahrenstechnische Nachrüstung bzw. Kombination mit marktgängigen Kühlsystemen wie zum Beispiel Hochdruckbefeuchtung der Innenluft oder Führung der Zuluft über ein zentrales Kühlpadsystem. Ausläufe sind mit geeigneten Beschattungen auszurüsten. Dies können natürliche Vegetationselemente, wie Bäume und Sträucher, aber auch Netze sein. Wesentlich ist dabei eine Vorsorge vor UV-Strahlung, um Sonnenbrand bei den Schweinen zu verhindern.

Zuständigkeit: Landwirtschaftsverwaltung, Landratsämter bzw. Beratungsdienste und Erzeugerringe für Schweinehaltung, Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg

Betroffene Akteure: Schweinehalter, Stallbaufirmen

Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, jedoch mit Zusatzkosten für die Betriebe verbunden

3.3. Boden

3.3.1. Eckdaten, Ziele und Funktionen

Böden erfüllen im Naturhaushalt und für den Menschen eine Vielzahl von Funktionen. Eingriffe durch Menschen und weitere Umwelteinwirkungen können ihre Zusammensetzung und Eigenschaften verändern bis hin zur völligen Zerstörung. Gleichzeitig sind Böden – in menschlichen Zeiträumen – nicht vermehrbar.
Im Sinn des Bundes-Bodenschutzgesetzes erfüllt der Boden folgende Funktionen:

1. Natürliche Funktionen als
   - Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen, Bodenorganismen,
   - Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
   - Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers.

2. Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sowie

3. Nutzungsfunktionen als
   - Rohstofflagerstätte,
   - Fläche für Siedlung und Erholung,
   - Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung,
   - Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung.

In der Umwelt nehmen Böden eine zentrale Stellung ein und stehen in wechselseitiger Beziehung mit dem Klima. Zwischen der Atmosphäre und Böden findet ein Austausch von Spurengasen wie beispielsweise Kohlendioxid statt. Je nach Bedingungen kann Kohlenstoff im Bodenhumus oder in Torf gespeichert oder wieder in die Atmosphäre freigesetzt werden. In Fachkreisen wird deshalb die Ergänzung der Klimaschutzfunktion des Bodens im Bundes-Bodenschutzgesetz diskutiert, da sie bisher nicht gesetzlich verankert ist.

Der Klimawandel kann zu veränderten Bodeneigenschaften führen, die sowohl die Böden als Naturgut selbst wie auch ihre Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt und damit ihre langfristige Nutzbarkeit beeinträchtigen. So sind negative Auswirkungen in ganz unterschiedlichen Bereichen möglich:

- Ertragseinbußen in der Land- und Forstwirtschaft
- vermehrter Wasser-, Sediment- und Schadstoffeintrag in Gewässer
- Verlust wertvoller Lebensräume und Moorböden.

Ursache kann ein verändertes Niederschlagsregime sein, wodurch Bodenerosion, Wasserabfluss und Bodenverdichtungsrisiko zunehmen. Gleichzeitig werden auch Risiken der Auswaschung von Nähr- und Schadstoffen verändert. Zunehmende Temperaturen führen möglicherweise zu einem Abbau von Humus und Torf, die wirkungsvolle Kohlenstoffspeicher sind.

Zudem können höhere Temperaturen die Vielfalt, Menge oder Aktivität von Bodenorganismen verändern, die beispielsweise die Bodenfruchtbarkeit sichern oder Schadstoffe in Böden abbauen.

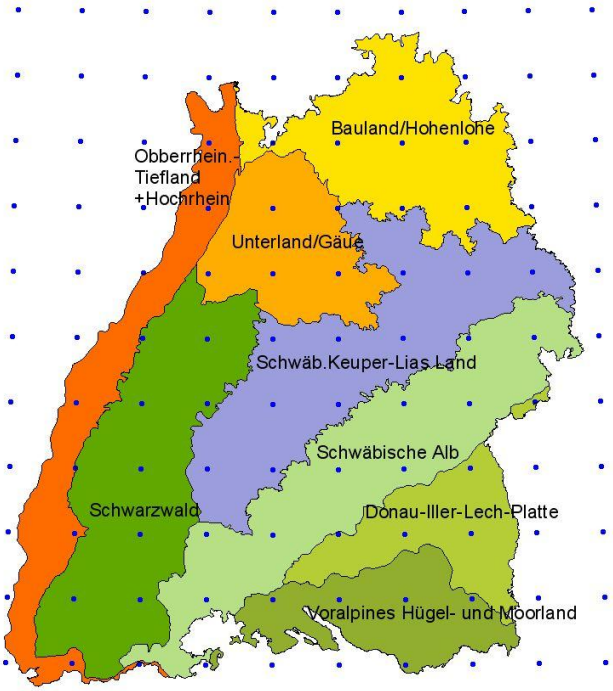
Für die Anpassungsstrategie wurde auf der Basis aktueller Kenntnisse aus Wissenschaft und Praxis sowie neuer regionaler Klimaprojektionen die Vulnerabilität von Böden allein aufgrund von Klimaveränderungen und unabhängig vom gegenwärtigen Risiko mit halbquantitativen, generalisierenden Methoden abgeschätzt. Im Rahmen des Fachgutachtens wurden mögliche Maßnahmen aus den weiteren Handlungsfeldern im Hinblick auf ihre Wirkung auf den Boden bewertet.

Da Baden-Württemberg in Bezug auf Böden, Klima und Landnutzung sehr vielfältige Landschaftsregionen mit unterschiedlichen vorherrschenden Bodentypen aufweist, wurde die Landesfläche in acht landschaftsökologische Regionen (LÖR) aufgeteilt:

Oberrhein-Tiefland und Hochrhein (ohr)
- sandig-lehmige Vega
- sandig-lehmiger Auengley
- sandige Regosol-Braunerde
- sandige Bänderbraunerde
- schluffig-lehmige Pararendzina

Unterland/Gäue (ug)
- schluffige Pararendzina
- lehmig-schluffige Parabraunerde
- lehmig-toniger Braunerde-Pelosol
- lehmig schluffiger Kolluvisol

Bauland/Hohenlohe mit Odenwald (bho)
- lehmig-tonige Braunerde-Terra fusca
- tonig-lehmige Terra fusca-Parabraunerde
- sandig-lehmige Pseudogley-Braunerde
- tonig-lehmige Pelosol-Braunerde



Schwäb. Keuper-Lias Land (kll)
- tonig-sandige Braunerde
- sandig-lehmige Pseudogley-Braunerde
- lehmig-toniger Braunerde-Pelosol
- lehmig-toniger Pseudogley-Pelosol
- schluffig-lehmige Pseudogley-Parabraunerde

Schwäbische Alb und Baar (sab)
- schluffig-lehmig-steinige Rendzina
- lehmig-tonige Braunerde-Terra fusca
- tonig-lehmige Terra fusca-Parabraunerde
- lehmige Parabraunerde

Donau-Iller-Lech-Platte (dil)
- kiesig-sandige Braunerde
- lehmige Pseudogley-Parabraunerde
- kiesig-lehmiger Anmoorgley
- Niedermoorböden

Voralpines Hügel- und Moorland (hml)
- lehmige Braunerde
- lehmige Parabraunerde
- Anmoorgley
- Nieder- und Hochmoorböden

Schwarzwald (sw)
- sandig-lehmige Braunerde
- sandig-lehmige Podsol-Bre.
- sandig-lehmige Pseudogley-Braunerde
- Hochmoorböden

Abb. 3.3.1: Landschaftsökologische Regionen Baden-Württembergs mit ihren weit verbreiteten und charakteristischen Böden (Datengrundlage: Wasser und Bodenatlas Baden-Württemberg und Bodendatenbank der Universität Hohenheim, Hintergrundraster: Messpunkte des 25 X 25 km Rasters der Klimaprojektion)

Die Regionen Oberrheinisches Tiefland/Hochrhein, Unterland/Gäue und Bauland/Hohenlohe zeichnen sich durch relativ milde Jahrestemperaturen, geringe Sommerniederschläge sowie einen höheren Anteil an Ackerflächen gegenüber anderen Regionen aus. Die Flächenanteile der wichtigsten Landnutzungskategorien innerhalb dieser landschaftsökologischen Regionen zeigt Abb. 3.3.2. Insgesamt bedingen die landschaftsökologischen Unterschiede zwischen den Regionen auch deutliche Unterschiede im Bezug auf die Vulnerabilität ihrer Böden.

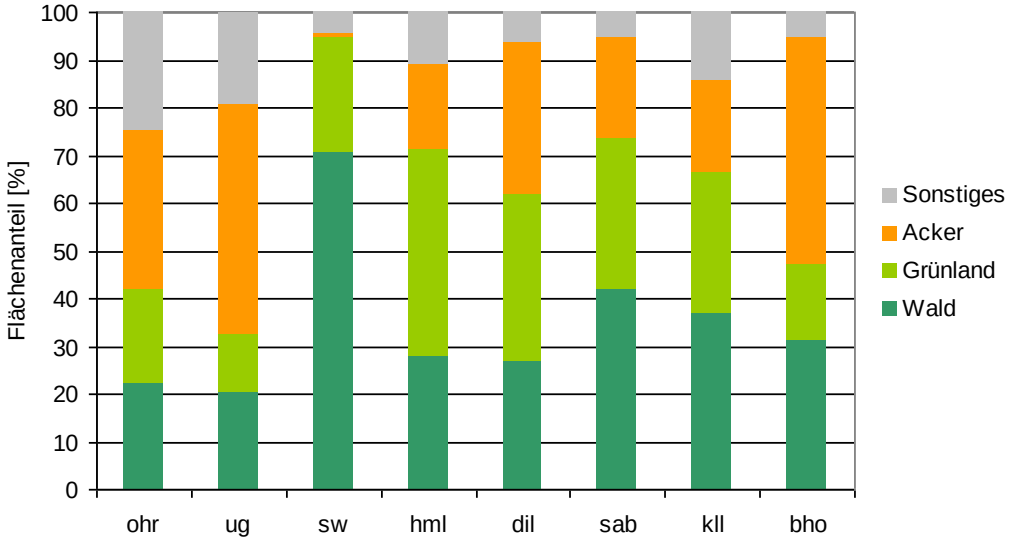


Abb. 3.3.2: Flächenanteile der wichtigsten Landnutzungskategorien in den acht Landschaftsökologischen Regionen (Sonstiges = Dauerkultur, Siedlungsflächen u.a.), Abkürzungen der LÖR siehe Abb. 3.3.1

3.3.2. Wirksame Klimafaktoren

Die Vulnerabilitätsanalyse wurde auf Grundlage der Klimaleitplanken mit den Klimakennwerten durchschnittliche Jahreslufttemperatur, Jahresevapotranspiration, Klimatische Wasserbilanz von Mai bis Oktober, Jahresniederschlagssumme, Sommerniederschläge von April bis September, maximale Starkniederschlagsmenge an einem Tag innerhalb eines Kalenderjahres und Anzahl der Starkniederschlagstage pro Jahr durchgeführt.

Bei allen Kennwerten bleiben die aktuell bestehenden klimatischen Unterschiede zwischen den Regionen tendenziell auch in Zukunft bestehen oder vergrößern sich sogar. Somit bleiben die Regionen Ober-/Hochrhein, Unterland/Gäue und Bauland/Hohenlohe, die im westlichen und nördlichen Baden-Württemberg liegen, auch in Zukunft die wärmeren und niederschlagsärmeren Gebiete. Die kühleren Regionen Donau-Iller-Lech, Voralpines Hügel-/Moorland, Schwarzwald und Schwäbische Alb/Baar, die im südlichen und östlichen Teil des Landes liegen, erreichen in Zukunft ähnliche Temperaturen wie gegenwärtig die wärmeren Regionen.

Evapotranspiration und klimatische Wasserbilanz
Unter Evapotranspiration versteht man die Summe aus Transpiration und Evaporation, also der Verdunstung von Wasser durch Tiere und Pflanzen sowie von Boden- und Wasseroberflächen. Die klimatische Wasserbilanz bezeichnet die Differenz zwischen Niederschlägen und potentieller Evapotranspiration bezogen auf eine Region und einen Zeitraum. Von einer negativen klimatischen Wasserbilanz spricht man, wenn die potenzielle jährliche Verdunstung größer ist als die Niederschlagssumme eines Jahres. Bei einer positiven Wasserbilanz ist die reale Verdunstung kleiner als der Niederschlag. In diesem Fall ist sowohl Oberflächenabfluss als auch Infiltration des Wassers in den Boden möglich.

Die Wasserbilanzen im Zeitraum Mai bis Oktober nehmen beim 50. und 15. Perzentil in naher (2021-2050) und noch stärker in ferner Zukunft (2071-2100) in allen Regionen ab. Dabei liegen die Projektionen beim 15. Perzentil der fernen Zukunft in den Regionen Oberrheinisches Tiefland/Hochrhein, Unterland/Gäue sowie Bauland/Hohenlohe/Odenwald und Schwäbisches Keuper-Lias-Land bereits im negativen Bereich. In den Regionen Schwäbische Alb/Baar sowie Donau-Iller-Lech-Platte liegt die projizierte Wasserbilanz beim 15. Perzentil der Fernprojektion nur noch knapp über Null. In trockenen Jahren kann es in vielen Böden dieser Regionen in ferner Zukunft also dazu kommen, dass die potenzielle Verdunstung die Summe der Niederschläge erreicht oder übersteigt.

3.3.3. Vulnerabilität und Auswirkungen

Erosion, Auswaschung, organische Bodensubstanz, Moorböden, Bodenleben, Verdichtung sind in unterschiedlicher Weise von den Klimakennwerten abhängig. Die wichtigsten Zusammenhänge zeigt die nachfolgende Tabelle:

Tab. 3.3.1: Abhängigkeit der Teilbereiche des Handlungsfeldes Boden von den wichtigsten Klimakennwerten

klimatischer Kennwert	Erosion (Wasser)	Auswaschung	organische Substanz	Moorböden	Bodenleben	Verdichtung
Jahresniederschlag, mittlerer	X	X	X			
Starkniederschlagstage, Anzahl	X					
Starkniederschlagshöhe	X					
Sommerniederschlag, mittl. (Apr.-Sept.)		X				
Durchschnittstemperatur (Jahr)			X			
potenzielle Evapotranspiration (Jahr)		X				
Klimatische Wasserbilanz (Mai-Okt.)				X [1)]	X	X

[1)] nur für Hochmoorböden, andere Moorböden nur indirekt beeinflusst

Erosion durch Wasser

Erosion ist der Abtrag und Abtransport von Bodenmaterial durch Wasser oder Wind. Am Ort des Bodenabtrags können die Erträge von Nutzpflanzen abnehmen oder ausfallen, das Wasserrückhaltevermögen von Böden sinken oder der Austrag von Nähr- und Schadstoffen zunehmen. Am Ort des Bodeneintrags können Gebäudeschäden und Reinigungskosten entstehen oder die Gewässergüte abnehmen. Das Risiko von Bodenerosion nimmt im Wesentlichen zu, je intensiver der Niederschlag, je schluffreicher die Bodenart, je größer die Hangneigung, je länger ein barrierefreier Hang oder je weniger ein Boden durch Pflanzen oder Pflanzenreste bedeckt ist. So weisen in Baden-Württemberg die Landschaften mit vorrangiger Ackernutzung und schluffreichen Böden – wie Unterland/Gäue oder Teillandschaften des Oberrheinischen Tieflandes/Hochrheins – aktuell das höchste Erosionsrisiko auf. Landschaf-

ten mit hohen Waldanteilen wie Schwarzwald oder hohem Grünlandanteil wie Voralpines Hügel-/Moorland sind hingegen trotz der dort hohen Niederschläge geringer gefährdet. Für die Einstufung der Vulnerabilität wurde aufgrund der zukünftig veränderten Niederschlagsverhältnisse der Faktor für die Erosivität von Niederschlägen angepasst und in die Allgemeine Bodenabtragsgleichung eingesetzt. Die folgende Tabelle zeigt die Klassifizierung der Vulnerabilitätsstufen der Bodenerosion bei repräsentativer Landnutzung und Fruchtfolge und einer angenommenen Standardhanglänge von 100 Metern, ohne dass spezielle Erosionsschutzmaßnahmen durchgeführt werden. Demnach entspricht beispielsweise die Vulnerabilitätsstufe 3 (hoch) einer Zunahme des Bodenabtrags von über 3 Tonnen pro Hektar und Jahr gegenüber der derzeitigen Erosion.

Tab. 3.3.2: Klassifizierung der Zunahme von Bodenerosion bei repräsentativer Landnutzung und Fruchtfolge sowie einer Standardhanglänge

Vulnerabilität	Vulnerabilitätsstufe	t/ha*a mit Landnutzung und Standardhanglänge (100 m)
gering	1	< 1,0
mittel	2	1,0 - 3,0
hoch	3	> 3,0

Wie erosionsempfindlich die Böden innerhalb der verschiedenen landschaftsökologischen Regionen Baden-Württembergs in naher und ferner Zukunft bei den Klima-Projektionsvarianten des 50. und 85. Perzentils werden können, zeigt nachfolgende Tabelle.

Tab. 3.3.3: Vulnerabilitätsstufen in den Landschaftsökologischen Regionen (LÖR) für den Teilbereich Bodenerosion in Abhängigkeit der Klimaprojektionsvarianten

Landschaftsökologische Region	LÖR Nr.	n50	n85	f50	f85
Oberrhein.-Tiefland und Hochrhein	1	1	3	2+	3
Unterland/Gäue	2	2+	3	3	3
Schwarzwald	3	1	1	1	1
Voralpines Hügel- und Moorland	4	1	2	1	2
Donau-Iller-Lech-Platte	5	1	1	1	1
Schwäbische Alb/Baar	6	1	1	1	1
Schwäb. Keuper-Lias Land	7	1	1	1	1
Bauland / Hohenlohe	8	1	2	1	2
Baden-Württemberg	1-8	1	2	1	2

+) Regionale und lokale Risikobereiche mit mittlerer bis hoher Vulnerabilität.
n50 = 50. Perzentil der nahen Zukunft, n85 = 85. Perzentil der nahen Zukunft
f50 = 50. Perzentil der fernen Zukunft, f85 = 85. Perzentil der fernen Zukunft

Die höchste Vulnerabilität weisen die Böden der landschaftsökologischen Region Unterland/Gäue und teilweise auch die Böden im Gebiet Oberrheinisches Tiefland/Hochrhein auf. Innerhalb dieser beiden Regionen zeigen insbesondere die Gebiete eine hohe Vulnerabilität, die aufgrund ihrer erosionsempfindlichen Böden aus Löss (Parabraunerden, Pararendzinen) unter Ackernutzung auch gegenwärtig schon erosionsgefährdet sind. Dies gilt insbesondere für das 85. Perzentil der Klima-Fernprojektion. Eine mittlere Vulnerabilität weisen die Regionen Voralpines Hügel- und Moorland sowie Bauland / Hohenlohe beim 85. Perzentil der Klimaprojektion für die nahe wie auch die ferne Zukunft auf. Aufgrund der regionalen Risikobe-

reiche in einigen landschaftsökologischen Regionen ergibt sich lokal eine mittlere bis hohe, im Landesdurchschnitt eine mittlere Dringlichkeit für Anpassungsmaßnahmen.

Fazit: Für das 85. Perzentil der Nah- und Fernprojektion des Klimas ist in den Regionen Unterland/Gäue und teilweise in der LÖR Oberrheinisches Tiefland/Hochrhein eine hohe Vulnerabilität und im Landesdurchschnitt eine mittlere Vulnerabilität im Teilbereich Bodenerosion zu erwarten.

Auswaschung nicht sorbierbarer Stoffe

Je mehr Sickerwasser die durchwurzelten Bodenhorizonte verlässt, umso mehr nimmt die Auswaschung von Stoffen wie beispielsweise Nitrat zu, die im Boden nicht an Humus- oder Tonteilchen sorbiert sind. Die Vulnerabilitätsanalyse basiert auf der Berechnung der künftigen Sickerwasserrate und der Veränderung der Austauschhäufigkeit des Bodenwassers.

Von einer hohen Vulnerabilität besonders betroffen sind einige Naturräume in den landschaftsökologischen Regionen Schwäbisches Keuper-Lias-Land, Donau-Iller-Lech und Oberrheinisches Tiefland-/Hochrhein. Im Schwarzwald und in einigen Naturräumen der Alb/Baar liegt bereits gegenwärtig das höchste Auswaschungsrisiko vor. Eine eindeutige Abhängigkeit der Vulnerabilität von Bodentypen und Landnutzung ist nicht erkennbar. Tendenziell sind jedoch Böden unter Acker und verschiedene Parabraunerdetypen unter allen Landnutzungstypen häufiger betroffen als andere Boden-Landnutzungskombinationen. Aufgrund der nur vereinzelt und lokal verteilten Risikobereiche mit hoher Vulnerabilität, ergibt sich im Landesdurchschnitt eine geringe Dringlichkeit für Anpassungsmaßnahmen.

Tab. 3.3.4: Vulnerabilitätsstufen in den Landschaftsökologischen Regionen für den Teilbereich Auswaschungsrisiko in Abhängigkeit der Klimaprojektionsvarianten

Landschaftsökologische Region	LÖR Nr.	n50	n85	f50	f85
Oberrhein.-Tiefland und Hochrhein	1	1	2+	1	2+
Unterland/Gäue	2	1	2+	1	2+
Schwarzwald	3	1	1	1	1
Voralpines Hügel- und Moorland	4	1	2+	1	2+
Donau-Iller-Lech-Platte	5	1	2+	2+	2+
Schwäbische Alb/Baar	6	1	1	1	2+
Schwäb. Keuper-Lias Land	7	1	2+	1	2+
Bauland / Hohenlohe	8	1	2+	1	2+
Baden-Württemberg	1-8	1	2+	1	2+

+) Regionale und lokale Risikobereiche mit mittlerer bis hoher Vulnerabilität

Fazit: Für das 85. Perzentil der Klimaprojektion für die ferne Zukunft ist in allen landschaftsökologischen Regionen Baden-Württembergs – mit Ausnahme des Schwarzwaldes – mit einer mittleren bzw. kleinflächig auch mit einer hohen Vulnerabilität der Böden in Bezug auf das Auswaschungsrisiko zu rechnen. Für das 50. und 15. Perzentil der Nah- und Fernprojektionen ist im Landesdurchschnitt eine geringe Vulnerabilität zu erwarten.

Organische Bodensubstanz

Die organische Bodensubstanz (Humus) besteht aus der Gesamtmenge der organischen Umwandlungsprodukte im Boden einschließlich der abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Stoffe. Der Humus ist Lieferant und Speicher für viele Nähr- und Schadstoffe, verbessert die Bodenstruktur und damit die Wasser- und Luftversorgung sowie die Fruchtbarkeit von Böden. Die im Boden gespeicherte Menge an Humus-Kohlenstoff ist keine feste Größe, sondern abhängig von Umweltfaktoren. So führen höhere Temperaturen und geringere Niederschläge tendenziell zu einer Abnahme der Humusgehalte.

Tab. 3.3.5: Klassifizierung der Vulnerabilität mittels Humusbilanzierung

Vulnerabilität	Vulnerabilitätsstufe	Bewertung (nach VDLUFA 2004)	Humus-C - Saldo in kg/ha*a
gering	1	optimal für Ertragssicherheit bei geringem Verlustrisiko	> -75
mittel	2	mittelfristig (nur) tolerierbar auf humusreichen Böden	-200 bis -75
Hoch	3	Bodenfunktionen und Ertragsleistung ungünstig beeinflusst	< -200

Die Zusammenfassung der Vulnerabilitätsstufen in den einzelnen landschaftsökologischen Regionen ergibt für das 50. Perzentil der Klima-Fernprojektion eine hohe Vulnerabilität der organischen Bodensubstanz in den Regionen Voralpines Hügel-/Moorland, Donau-Iller-Lech-Platte, Schwäbische Alb/Baar sowie Schwarzwald und Keuper-Lias-Land. Für die ersten drei Regionen gilt dies auch für das 85. Perzentil der Klimafernprojektion. In allen fünf Regionen besteht in Bezug auf die ferne Zukunft eine hohe Dringlichkeit für Anpassungsmaßnahmen. Mittlere Dringlichkeiten ergeben sich für die Landschaften mit höheren Anteilen an Ackerflächen, also die Regionen Oberrheinisches Tiefland/Hochrhein, Unterland/Gäue sowie Bauland/Hohenlohe. Allerdings ergibt sich auf regionaler und lokaler Ebene ein stark variierendes Bild der Vulnerabilität. Steigende Temperaturen führen zwar zu Humusverlusten, dies kann jedoch durch zunehmende Niederschläge wieder kompensiert werden oder sogar zur Humusmehrung führen. Beim 85. Perzentil der Nah- und Fernprojektion sind Böden unter Grünland und teilweise auch unter Wald stärker betroffen als ackerbaulich genutzte Flächen. Eine eindeutige Abhängigkeit der Vulnerabilität von Bodentypen ist nicht erkennbar.

Tab. 3.3.6: Vulnerabilitätsstufen in den Landschaftsökologischen Regionen für den Teilbereich organischer Bodensubstanz in Abhängigkeit der Klimaprojektionsvarianten

Landschaftsökologische Region	LÖR Nr.	n15	n50	n85	f15	f50	f85
Oberrhein.-Tiefland und Hochrhein	1	3	2+	2+	2+	2+	2+
Unterland/Gäue	2	2+	1	1	2+	2+	2+
Schwarzwald	3	2+	2+	2+	2+	3	2+
Voralpines Hügel- und Moorland	4	2+	2+	1	2+	3	3
Donau-Iller-Lech-Platte	5	2+	2+	2+	2+	3	3
Schwäbische Alb/Baar	6	2+	2+	3	2+	3	3
Schwäb. Keuper-Lias Land	7	1	2+	2+	2+	3	2+
Bauland/Hohenlohe	8	2+	2+	2+	2+	2+	2+
Baden-Württemberg	1-8	2+	2+	2+	2+	3	2+

+ = Regionale und lokale Risikobereiche mit mittlerer bis hoher Vulnerabilität

Fazit: Für die nahe Zukunft ist meist eine mittlere Vulnerabilität zu erwarten. Für das 50. Perzentil der Projektion des fernen Klimas ist in fünf der acht landschaftsökologischen Regionen Baden-Württembergs mit einer hohen Vulnerabilität der Böden in Bezug auf ihre Humusgehalte zu rechnen.

Moorböden

Moorböden sind Böden aus mindestens 30 Zentimeter mächtigen Horizonten mit mehr als 30 Prozent organischer Bodensubstanz (Torf), die aus Resten moortypischer und torfbildender Pflanzen unter Wasserüberschuss gebildet wurden. Zunehmende Temperatur und Trockenheit oder abnehmende Niederschläge führen zur Mineralisation der organischen Substanz und zur Degradierung und Sackung von Moorböden. Das führt wiederum zu einer erhöhten Freisetzung an Stoffen wie Kohlendioxid oder Nitrat.
Bei den Niedermoorböden spielen die aktuelle Moornutzung und –bewirtschaftung für den Abbau der organischen Substanz eine wichtigere Rolle als der Klimawandel. Die Torfverluste treten deshalb vor allem bei landwirtschaftlich genutzten Niedermoorböden auf und können durch den Klimawandel verstärkt werden.

Sofern die gegenwärtige Moorbodenentwässerung und –bewirtschaftung in gleicher Intensität fortgesetzt wird, ergibt sich bei den Niedermoorböden durch die anhaltende Torfmineralisation auf allen Standorten eine hohe Vulnerabilität. Mit anderen Worten: Bereits heute sind flächendeckend alle Niedermoorböden in Baden-Württemberg gefährdet. Der Einfluss des Klimawandels ist dabei gering.

Besonders stark zur Geltung kommt die extrem hohe Vulnerabilität bei flachen Moorböden, die häufig in Randlagen von Mooren vorkommen: Dort wird voraussichtlich bis zum Jahr 2100 die Torfmächtigkeit von 30 cm unterschritten, wonach diese Böden dann nicht mehr als Moore einzustufen sind.

Hochmoore sind unter derzeitigen Klimabedingungen nur dann anzutreffen, wenn die Klimatische Wasserbilanz in der Hauptvegetationsperiode (Mai bis Oktober) größer als 200 Liter pro Quadratmeter ist. Deshalb wurde dieser Wert als orientierender Schwellenwert für die Gefährdung bzw. für den Bestand von Hochmoorböden herangezogen. Bei Hochmoorböden, die in Baden-Württemberg auf die Regionen Schwarzwald, Voralpines Hügel-/Moorland und Donau-Iller-Lech-Platte beschränkt sind, liegt die höchste Vulnerabilität beim 15. Perzentil der Klimaprojektion für die ferne Zukunft. Bei diesem Szenario sinken die projizierten Wasserbilanzen flächendeckend auf Werte zwischen 0 und 200 Liter pro Quadratmeter.

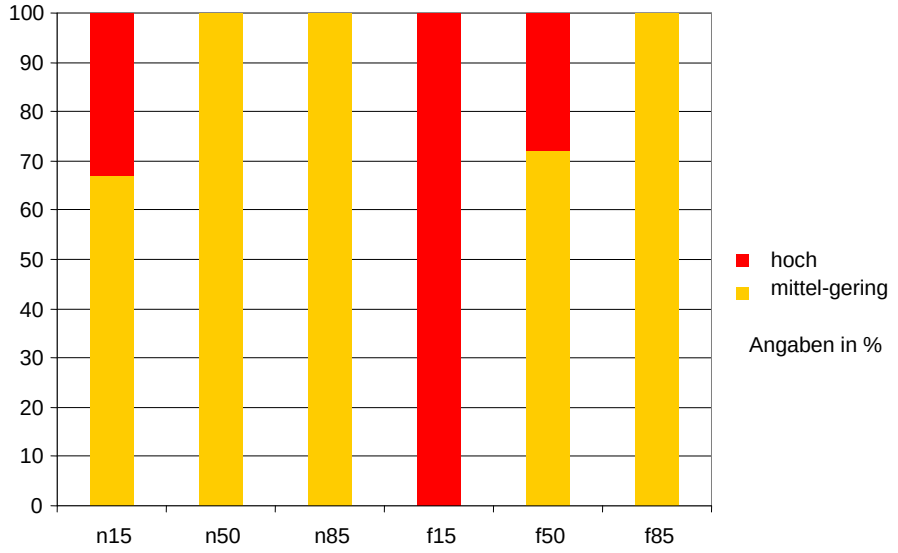


Abb. 3.3.3: Geschätzter Flächenanteil der Hochmoorböden in Baden-Württemberg mit „hoher“ bzw. „mittel bis geringer“ Gefährdung aufgrund einer abnehmenden Klimatischen Wasserbilanz in Abhängigkeit verschiedener Klimaprojektionen

Fazit: Die Wirkung des Klimawandels auf die künftige Verbreitung von Niedermoorböden ist erheblich geringer als die der aktuellen Moornutzung und –bewirtschaftung. Allein durch die aktuellen Nutzungen sind die Niedermoorböden in Baden-Württemberg nahezu flächendeckend hoch gefährdet. Bei den niederschlagsabhängigen Hochmoorböden ergibt sich beim 15. Perzentil der Klimafernprojektion eine hohe Vulnerabilität, weil die Wasserbilanz in diesem Szenario unter 200 Liter pro Quadratmeter sinkt. Aufgrund der hohen Vulnerabilität der Niedermoorböden besteht eine hohe Dringlichkeit für Anpassungsmaßnahmen.

Bodenlebensgemeinschaften

Die Zusammensetzung und Verteilung der im Boden lebenden Organismen (Bodenlebensgemeinschaft) hängt von den Umweltbedingungen ab. Bodenorganismen leisten einen wichtigen Beitrag zur Bereitstellung von Nährstoffen, zum Stoffumsatz in Böden und zur Freisetzung klimarelevanter Spurengase. Die Bewertung der Vulnerabilität erfolgte anhand der Veränderungen ihres Lebensraums, vorrangig nach den Änderungen der Bodenfeuchte. Die Lebensbedingungen für Bodenorganismen sind bei stark frischen und schwach sauren bis neutralen Bodenverhältnissen am günstigsten zu bewerten. Daher wurde die Tendenz zu mehr Trockenheit als eine Verstärkung der Vulnerabilität interpretiert. Allerdings besteht bei dieser Thematik noch erheblicher Forschungsbedarf.

Insgesamt ist im Teilbereich Lebensraum für Bodenlebensgemeinschaften im Landesdurchschnitt mit einer geringen Vulnerabilität zu rechnen. Lediglich im 15. Perzentil der Klima-Fernprojektionen mit teilweise sogar negativer Wasserbilanz zeichnet sich auf bis zu maximal 65 Prozent der Flächen in den westlichen und nördlichen Regionen durch die abnehmende Bodenfeuchte eine zumeist mittlere und nur vereinzelt hohe Vulnerabilität ab. Das betrifft die Gebiete Oberrheinisches Tiefland/Hochrhein, Unterland/Gäue, Bauland/Hohenlohe und das Schwäbische Keuper-Lias-Land.

In den südlichen und östlichen Regionen können sich die Umweltbedingungen für das Bodenleben teilweise sogar verbessern. Insgesamt ergibt sich daraus eine regional und landesweit geringe Dringlichkeit für Anpassungsmaßnahmen.

Bodenverdichtung

Die Zunahme der Lagerungsdichte und Abnahme des Porenvolumens wird als Bodenverdichtung bezeichnet. Ursache der Bodenverdichtung können anthropogene Belastungen oder die Einlagerung von Stoffen sein. In der Folge kann dies den Wasser- und Lufthaushalt verändern und die Standorteigenschaften für Bodenorganismen und Pflanzen verschlechtern. Böden mit toniger oder lehmig-schluffreicher Bodenart weisen tendenziell eine höhere Verdichtungsempfindlichkeit auf als sandige Böden. Die Vorgänge sind auch vom Klima abhängig, weil stark feuchte bis nasse Böden eine höhere Empfindlichkeit gegenüber Bodenverdichtung aufweisen. Die künftige potenzielle Verdichtungsempfindlichkeit wurde daher über die Bodenart und die Änderung der bodenkundlichen Feuchtestufe abgeschätzt.

Im Sommerhalbjahr ist aufgrund der tendenziell geringeren Bodenfeuchte im Landesdurchschnitt nur mit einer geringen Vulnerabilität im Teilbereich Bodenverdichtung zu rechnen. Lediglich in einigen Naturräumen in den landschaftsökologischen Regionen Schwäbisches Keuper-Lias-Land, Schwäbische Alb/Baar und Bauland/Hohenlohe mit tonigen Böden zeichnet sich beim 85. Perzentil der Klima-Nah- und Fernprojektion eine mittlere Vulnerabilität ab. Hier besteht auch eine mittlere Dringlichkeit für Anpassungsmaßnahmen. In Regionen mit vorherrschend sandigen, schluffreichen oder lehmigen Böden, wie beispielsweise im Oberrheinischen Tiefland/Hochrhein oder im Schwarzwald, dominiert eine geringere Vulnerabilität und es besteht keine Dringlichkeit für Anpassungsmaßnahmen. Die Vulnerabilitätsanalyse ist jedoch dadurch eingeschränkt, dass allein das Sommerhalbjahr mit der gewählten Methode berücksichtigt wurde. Gerade im Winterhalbjahr kann das Risiko einer Bodenverdichtung steigen, wenn durch eine Zunahme der Winterniederschläge und Abnahme der Frosttage das Zeitfenster für die unkritische Befahrbarkeit von Böden enger wird.

Gesamtbeurteilung der Teilbereiche

Im Handlungsfeld Boden ergeben sich die höchste Vulnerabilität und damit auch die höchste Dringlichkeit für Anpassungsstrategien in den beiden Teilbereichen organische Bodensubstanz (Humus) und Moorböden (siehe Tabelle 3.3.7.). Diese Teilbereiche weisen gleichzeitig den engsten Bezug zu klimarelevanten CO_2-Emissionen auf. Aufgrund regionaler und lokaler Brennpunkte sollte aber auch in den Teilbereichen Bodenerosion und Auswaschungsrisiko die Entwicklung geeigneter Anpassungsmaßnahmen mit mittlerer bis hoher Priorität vorangebracht werden. In allen Teilbereichen ist in der fernen Zukunft meist ein größerer Flächenanteil der landschaftsökologischen Regionen von einer hohen Vulnerabilität betroffen als in der nahen Zukunft.

Tab. 3.3.7: Gesamtbeurteilung für Baden-Württemberg im Handlungsfeld Boden

	Vulnerabilität[1)]	Dringlichkeit	Handlungsdruck [2)]
Erosion	2	2	2
Aus-waschung	2	1	1
Humus	3	3	3
Moorböden [3)]	3	3	3
Bodenleben	1	1	1
Verdichtung [4)]	1	1	1

[1)] Für die zusammenführende Darstellung der Vulnerabilität wurde die Klimaprojektion mit der höchsten Vulnerabilitätsstufe gewählt.
[2)] Aufgrund unbewerteter Anpassungsstrategien identisch mit Dringlichkeit, bei der die Vulnerabilität bereits berücksichtigt ist.
[3)] Hoch- und Niedermoorböden zusammengefasst. Bei Niedermoorböden ist die Gefährdung durch die aktuelle Moornutzung und –bewirtschaftung berücksichtigt.
[4)] Gilt nur für das Sommerhalbjahr

3.3.4. Anpassungsziele und Maßnahmen

Der Boden trägt mit seinen vielfältigen Ökosystem-Leistungen wesentlich zu einem funktionsfähigen Naturhaushalt bei. Anpassungsmaßnahmen zum Schutz der Böden und ihrer Funktionen vor nachteiligen Auswirkungen durch den Klimawandel haben daher auch positive Auswirkungen auf die Handlungsfelder Landwirtschaft, Wald und Forstwirtschaft, Wasserhaushalt und Naturschutz und Biodiversität. Dabei kann sich der Bodenschutz zumeist auf Maßnahmen stützen, die sich bereits in der Vergangenheit bewährt haben.

Eine zentrale Anpassungsmaßnahme und ein vorrangiges Bodenschutzziel ist die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und der Flächenversiegelung. Im Jahr 2012 wurde in Baden-Württemberg täglich eine Fläche von 6,7 Hektar für Baumaßnahmen in Anspruch genommen. Das vorgegebene Ziel der Bundesregierung, den Flächenverbrauch bis 2020 auf täglich 30 Hektar zu verringern, bedeutet bei einem 10%igen Flächenanteil Baden-Württembergs einen Wert von 3 ha/Tag zu erreichen.
Mit der Inanspruchnahme wertvoller, oft landwirtschaftlich genutzter Flächen für Siedlung und Verkehr werden die natürlichen Bodenfunktionen beeinträchtigt oder gehen völlig verloren. Beispielsweise wird durch die zunehmende Flächeninanspruchnahme und -versiegelung die Funktion des Bodens als Ausgleichkörper im Wasserkreislauf verringert. Böden wirken als Wasserspeicher. Sie nehmen Niederschlagswasser auf, speichern es in ihrem Porensystem und stellen es den Pflanzen zur Verfügung. Sie verringern Oberflächenabfluss und geben Niederschlagswasser verzögert an das Grundwasser ab.

Böden tragen somit zur Abflussregulierung und zum natürlichen Hochwasserschutz bei. Auf versiegelten Flächen nimmt die lokale Hochwassergefahr durch den beschleunigten Wasserabfluss zu. Gleichzeitig versickert weniger Niederschlagswasser, so dass die Grundwasserneubildung abnimmt. Die Förderung des natürlichen Wasserrückhalts in der Fläche, um Hoch- und Niedrigwasser abzupuffern sowie der dezentrale Oberflächenwasserrückhalt zur Grundwasseranreicherung sind Anpassungsmaßnahmen, die im Handlungsfeld Wasser-

haushalt beschrieben sind. Der Erhalt leistungsfähiger Böden spielt dabei eine entscheidende Rolle.

Flächenmanagement
Reduzierung der Flächeninanspruchnahme Zur Erreichung der gesteckten Flächensparziele sind weitere Anstrengungen erforderlich, so insbesondere durch Fortführung und ggf. Ausbau von Förderprogrammen zur effizienteren Nutzung innerstädtischer Flächen, einer verstärkten Innenentwicklung und Flächenrecycling (z. B. Städtebauförderung, Förderprogramm „Flächen gewinnen durch Innenentwicklung“, Förderrichtlinien Altlasten) sowie im Straßenbau durch Erhaltung und Ausbau statt Neubau. Solche Maßnahmen reduzieren den Bedarf für Flächenneuinanspruchnahme im Außenbereich und verhindern somit den teilweise unwiederbringlichen Verlust natürlicher Bodenfunktionen und der Klimaschutzfunktion von Böden. Im Zusammenhang mit dem Leitbild der Innenentwicklung ist, soweit diese durch Nachverdichtung vorgenommen wird, auf den Konflikt mit der Reduktion der baulichen Dichte zur thermischen Entlastung hinzuweisen (s. Stadt- und Raumplanung). Die Abwägung zwischen den divergierenden Ansätzen bedarf innovativer Konzepte, die beide Ziele miteinander verbinden. *Zuständigkeit*: Landesministerien, Planungsebene Landesplanung; Baurecht; flächenrelevante Fachplanungen, Planungsebene kommunale Bauleitplanung, *Betroffene Akteure*: Land, Kommunen, Bauherren, Wohnungsbaugesellschaften, Investoren *Zeithorizont/Dringlichkeit*: kurzfristig, hoch
Stärkere Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit von Böden bei Planungsverfahren Hinsichtlich der Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit von Böden bestehen große Unterschiede. Bei der Inanspruchnahme von Böden müssen weiterhin insbesondere deren Qualität und natürliche Funktionen mit dem Ziel beachtet werden, leistungsfähige Böden als natürliche Lebensgrundlage zu schützen und zu erhalten. Daher sind die Ergebnisse der Flurbilanz als Maß für die Ertragsfähigkeit, die Bodenfunktionsbewertung sowie die Klimaschutzrelevanz von Böden in Planungsprozessen zu berücksichtigen. Im Umkehrschluss sollten Eingriffe in Böden auf weniger leistungsfähige Böden gelenkt werden. *Zuständigkeit:* Planungsebene Landesplanung, Planungsebene Bauleitplanung, relevante Fachplanungen *Betroffene Akteure:* Bauherren, Wohnungsbaugesellschaften, Investoren *Zeithorizont/Dringlichkeit:* kurzfristig, hoch
Ausweisung von Bodenschutzflächen Nach § 7 Abs. 1 Ziff. 3 Landes-Bodenschutz- und Altlastengesetz (LBodSchAG) können Bodenschutzflächen festgesetzt werden, wenn kleinräumig besonders schutzwürdige Böden die Bodenfunktionen nach Bundes-Bodenschutzgesetzes im besonderen Maße erfüllen. Zum Schutz von Böden mit sehr hoher Funktionserfüllung (Wertstufe 4 nach Leitfaden der LUBW „Bodenschutz 23“) sollte die Möglichkeit zur Ausweisung von Bodenschutzflächen stärker genutzt werde. *Zuständigkeit:* Bodenschutz- und Altlastenbehörden *Betroffene Akteure:* Kommunen, Bauherren, Wohnungsbaugesellschaften, Investoren *Zeithorizont/Dringlichkeit:* mittelfristig, hoch

Weitere Anpassungsmaßnahmen mit direkten Bezügen zum Handlungsfeld Boden werden in den Maßnahmenvorschlägen der Handlungsfelder Wald- und Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Naturschutz und Biodiversität, Wasserhaushalt und Stadt- und Raumplanung beschrieben.

Beispielsweise hat die konservierende Bodenbearbeitung aus den Maßnahmenvorschlägen der Landwirtschaft auf unterschiedliche Teilbereiche des Handlungsfeldes Boden eine positive Wirkung. Durch eine nicht-wendende Bodenbearbeitung und den Verbleib von Ernterückständen auf der Fläche wird das Bodenleben gefördert. Ein höherer Regenwurmbesatz führt zu einer größeren Zahl an Grob- bzw. Makroporen und damit zu einer verbesserten Wasserinfiltration in Böden. Gleichzeitig wird die Verschlämmungsanfälligkeit des Bodens durch eine stabile Bodenstruktur und eine schützende Mulchauflage vermindert. Dadurch ist die konservierende Bodenbearbeitung auch eine wirkungsvolle Maßnahme gegen Bodenerosion durch Wasser.
Folgende Maßnahmen, die in den Handlungsfeldern Landwirtschaft, Wald- und Forstwirtschaft, Naturschutz und Biodiversität, Wasserhaushalt und Stadt- und Raumplanung in den fachwissenschaftlichen Gutachten beschrieben sind, berücksichtigen Teilaspekte zum Schutz des Bodens vor den Auswirkungen des Klimawandels. Aus der Sicht des jeweiligen Handlungsfeldes als prioritär definierte und in der Anpassungsstrategie beschriebene Maßnahmen sind mit einem „p“ gekennzeichnet.
Handlungsfeld Landwirtschaft

- Konservierende Bodenbearbeitung anwenden und ausdehnen (p)
- Fruchtfolge erweitern und verschiedene Sorten pro Kulturart anbauen (p)
- Erosionsschutz durch Begrünung und Landschaftselemente
- Humusreproduktion
- Neue Düngungsformen

Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft
- Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und Förderung der Durchwurzelung (p)

Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität
- Intensivierung der Renaturierungsmaßnahmen für Hoch- und Niedermoore (p)
- Förderung des Wasserrückhalts durch Schutz von Feuchtgebieten (p)
- Schutz der Fließgewässer vor erosionsbedingten Einträgen
- Vermeidung erhöhter Stoffeinträge in wasserabhängige Ökosysteme

Handlungsfeld Wasserhaushalt
- Natürlichen Wasserrückhalt in der Fläche fördern (p)

Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung
- Sicherung großräumig übergreifender Freiraumstrukturen (p) Maßnahmen zur Begrünung bzw. Entsiegelung von Flächen oder baulichen Anlagen / Siedlungsgrün (p)
- Sicherung von Flächen und Durchführung von Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft
- Planung / Umsetzung flächensparender Verkehrsflächen sowie von Verkehrsflächen mit besonderer Zweckbestimmung, Bestimmung der Unzulässigkeit baulicher Neben- bzw. Gemeinschaftsanlagen außerhalb der überbaubaren Flächen

3.4. Naturschutz und Biodiversität

3.4.1. Eckdaten, Funktionen und Ziele

Baden-Württemberg besitzt eine hohe biologische Vielfalt. Diese rührt zum einen daher, dass Baden-Württemberg auf kleinem Raum starke Höhengradienten aufweist und durch großflächige, unterschiedliche Naturräume wie das Alpenvorland, die Schwäbische Alb, den Schwarzwald, das Neckarbecken oder den Oberrheingraben geprägt ist. Zum anderen wurden diese Naturräume Jahrtausende lang von den Menschen genutzt und zu unterschiedlichen Kulturlandschaften umgestaltet. Die Artenausstattung in Baden-Württemberg reicht von Arten mit arktisch-alpinen bis zu submediterranen Verbreitungsschwerpunkten. Schätzungsweise kommen rund 50.000 Arten im Land vor. Mit dem Oberrheingraben und auch dem Donautal bietet Baden-Württemberg wichtige Einwanderungswege für submediterrane Arten.

Viele Arten und Lebensräume sind in ihren Beständen und ihrer Verbreitung in Baden-Württemberg zum Beispiel durch Verkleinerung der Lebensräume und andere menschliche Nutzungen heute schon gefährdet, auch ohne dass der Klimawandel diese Entwicklung künftig womöglich noch verstärkt. Der Anteil an gefährdeten Arten der Roten Listen beträgt je nach Artengruppe zwischen 66 Prozent (Reptilien) und 11,8 Prozent (Weberknechte). Im Mittel über alle Artengruppen der Roten Listen waren Ende 2012 ungefähr 40 Prozent der Arten in Baden-Württemberg gefährdet. Nach der Roten Liste „Biotoptypen“ gelten von den 281 Biotoptypen circa 37 Prozent als aktuell gefährdet, weitere 13,5 Prozent stehen auf der Vorwarnliste.

Aufgrund seiner großen Biodiversität hat Baden-Württemberg eine besondere Verantwortung für die Erhaltung dieser Arten in Deutschland. In mehreren Roten Listen ist der Aspekt dieser Verantwortung detailliert dargestellt: Er umfasst allein bei den Amphibien und Reptilien, Heuschrecken und Schmetterlingen sowie Weichtieren 119 Arten, 148 Arten bei den Höheren Pflanzen, 86 Arten bei den Brutvogelarten.

3.4.2. Wirksame Klimafaktoren

Temperatur und Niederschlag wirken sich meist ganz direkt auf Arten und ihre Lebensräume aus. Die über Niederschläge verfügbare Wassermenge ist für die Vegetation entscheidend. In Verbindung mit der Temperatur ist sie für das Wachstum von Pflanzen, für die direkt oder indirekt von Pflanzen abhängigen Tiere sowie für die Zusammensetzung von Pflanzengesellschaften und damit für die Biotoptypen und die FFH-Lebensraumtypen wichtig. Zu den Klimafaktoren gehören daher auch die klimatische Wasserbilanz, die Anzahl der Tage ohne Niederschlag bzw. Trockenperioden oder auch Extremereignisse wie Hitzeperioden, Starkregenereignisse oder Stürme. Durch die Erhöhung der Jahresmitteltemperatur wird die Vegetationsperiode im Mittel (Median) ungefähr 5 Tage in der nahen Zukunft bzw. 13 Tage in der fernen Zukunft früher im Jahr beginnen. Die Zahl der winterlichen Frost- und Eistage wird stark abnehmen. Der Gesamtniederschlag im Jahr wird sich laut den Modellergebnissen nicht signifikant ändern. Allerdings verteilen sich die Niederschläge auf das Jahr anders: Im Winter werden danach die Niederschläge tendenziell zunehmen und im Sommer tendenziell abnehmen.

Schon die Klimaveränderungen in den letzten Dekaden, mit einem Anstieg der Jahresmitteltemperatur um circa 1°C hatten deutlich beobachtbare Veränderungen in der Pflanzen- und Tierwelt zur Folge wie beispielsweise die Ausbreitung der Gelbbindigen Furchenbiene zeigt (siehe Abb. 3.4.1).

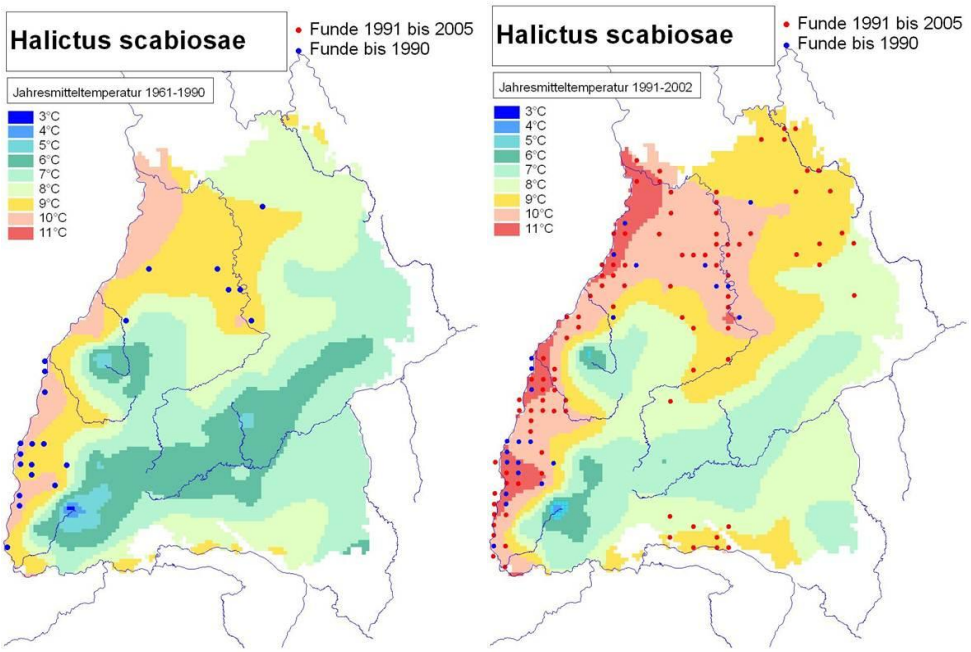


Abb. 3.4.1: Vorkommen der Wärme liebenden Gelbbindigen Furchenbiene; links: Funde 1961-1991, rechts Funde 1991-2005

3.4.3. Vulnerabilität und Auswirkungen

Aus den Projektionen der Klimamodelle ergeben sich Hinweise darauf, wie sich die in naher (2021 – 2050) und ferner Zukunft (2071 – 2100) erwarteten klimatischen Rahmenbedingungen auf welche Naturräume auswirken. Hierzu wurden Karten erstellt, die die voraussichtlichen Veränderungen in den Naturräumen Baden-Württembergs zeigen. Nicht jede Art und jeder Biotoptyp werden im gleichen Maß von einer Veränderung der Klimaparameter betroffen sein. Vielmehr zeigt jeder Teil eines Ökosystems eine spezifische Reaktion auf veränderte Bedingungen. Zwischen den Pflanzenarten gibt es beispielsweise Unterschiede in ihren phänologischen Reaktionen auf die Temperaturerhöhung: So reagiert die Buche mit ihrem Austrieb weniger stark auf Temperaturerhöhungen als andere Laubbäume.

Vulnerabilität von Biotopen und Lebensräumen

Die Betrachtung der Vulnerabilität von 281 untersuchten geschützten Biotoptypen im Land auf Basis der erwarteten klimatischen Veränderungen zeigt: In naher Zukunft (2021 – 2050) sind in allen Hauptnaturräumen die klimatischen Rahmenbedingungen so, dass die gering vulnerablen Biotope noch überwiegen. In den Naturräumen Schwarzwald, Schwäbisches Keuper-Lias-Land und Neckar- und Tauber-Gäuplatten weisen rund 30 Prozent der Biotopflächen dagegen bereits eine mittlere Vulnerabilität auf. Im Voralpinen Hügel- und Moorland oder dem Fränkischen Keuper-Lias-Land sind sogar über 50 Prozent der Biotopfläche mittel vulnerabel.

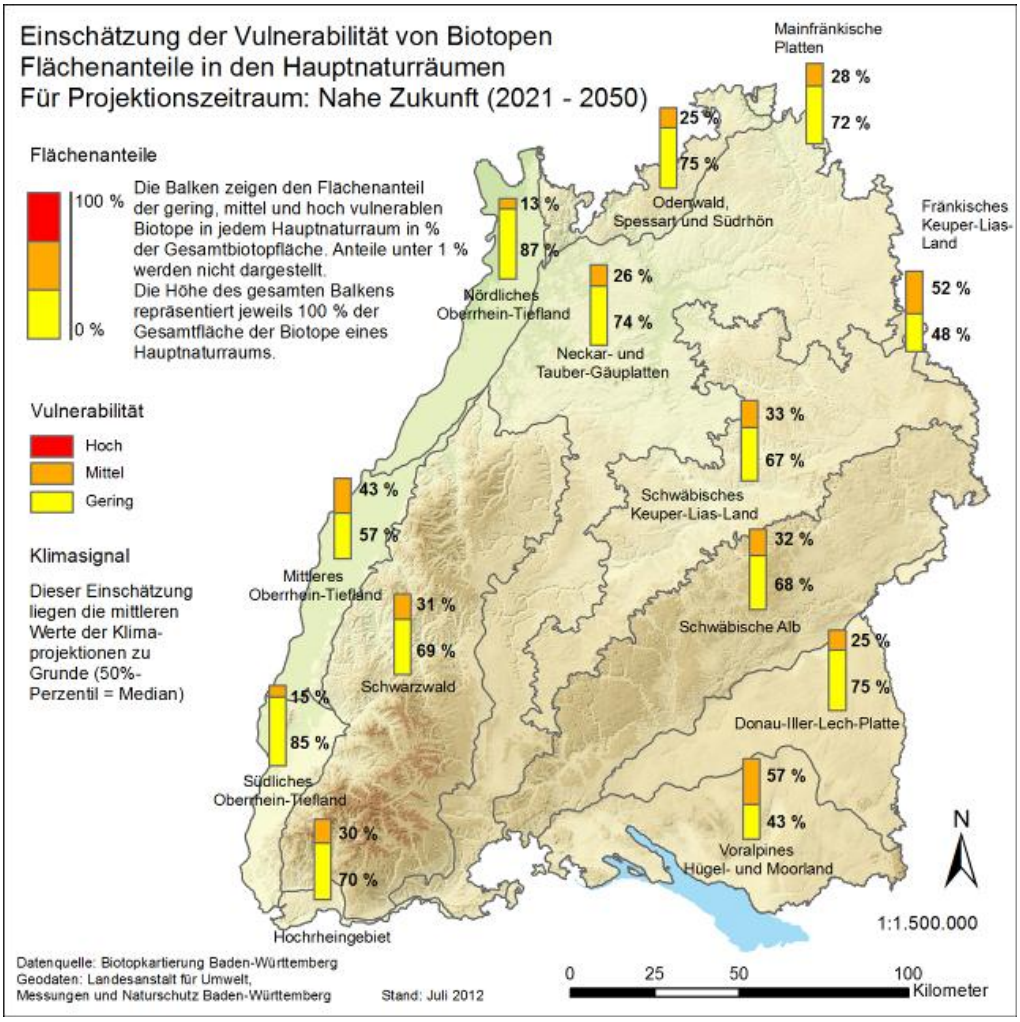


Abb. 3.4.2: Flächenanteile der gering- mittel- und hochvulnerablen Biotope in den Hauptnaturräumen in naher Zukunft (Medianwerte, 50. Perzentil)

In ferner Zukunft dagegen verändert sich die Vulnerabilität der Biotope deutlich: Nur das südliche Oberrhein-Tiefland besitzt als einziger Hauptnaturraum einen Restanteil an gering vulnerablen Biotopen. In allen anderen Hauptnaturräumen treten gering vulnerable Biotoptypen nicht mehr auf, sondern die hoch vulnerablen Biotoptypen dominieren die Flächenanteile. Besonders hohe Flächenanteile (über 80 Prozent) hoch vulnerabler Biotoptypen treten in den Naturräumen mittleres Oberrhein-Tiefland, Schwarzwald, Voralpines Hügel- und Moorland und Donau-Iller-Lech-Platte auf. In den übrigen Naturräumen liegen die Flächenanteile stark vulnerabler Biotoptypen bei 50 bis 80 Prozent, nur im Naturraum südliches Oberrhein-Tiefland sind es mit 27 Prozent vergleichsweise geringe Flächenanteile.

Im Gegensatz zu den voran dargestellten durchschnittlichen Werten (Medianen) ist bei der Einschätzung der Vulnerabilität von Biotopen nach dem „worst-case“-Fall (den 85. Perzentilen der Klimaprojektionen) eine deutliche Verschärfung der Situation festzustellen.

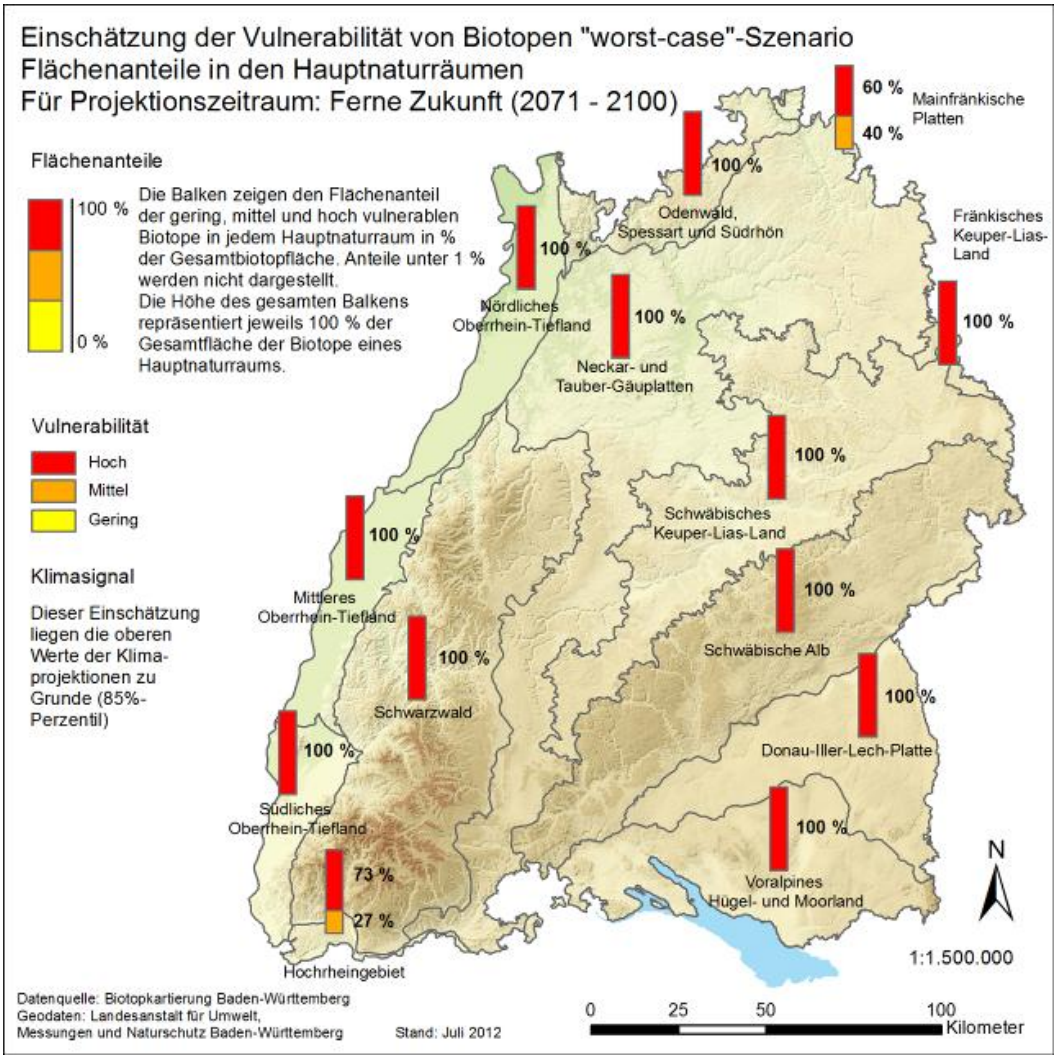


Abb. 3.4.3: Flächenanteile der gering-, mittel- und hochvulnerablen Biotope in den Hauptnaturräumen in ferner Zukunft („worst case“, 85. Perzentil)

Moore besonders betroffen

Vor allem wasserabhängige Ökosysteme wie Fließ- und Standgewässer, Moore, Feucht- und Nasswiesen, Sumpf-, Bruch-, Moor- und Auenwälder sind gegenüber den erwarteten Auswirkungen des Klimawandels als besonders empfindlich einzuschätzen. So sind sie von sommerlicher Austrocknung bedroht, die Gesamt-Wasserbilanz kann sich verringern, Stürme und andere Extremereignisse können zunehmen. In Baden-Württemberg existieren insgesamt 43.350 Hektar Anmoor-, Niedermoor oder Hochmoorflächen. Die größten Anteile davon entfallen auf das voralpine Hügel- und Moorland (24.314 Hektar) und die Donau-Iller-Lech-Platte (15.524 Hektar). Vor allem durch die Verschiebung in Richtung höherer Temperaturen kommt es zu einer Verringerung der für Moor-Standorte klimatisch geeigneten Räume. Diese Entwicklung wird besonders bei den Hochmooren und den Nasswiesen basenreicher Standorte der montanen Lagen deutlich und kann eine ernsthafte Gefahr darstellen. Da in diesen Ökosystemen zusätzlich eine Reihe von Rote Liste-Arten sowie FFH-Arten und -Lebensraumtypen vorkommen, die häufig auch sehr empfindlich gegenüber Änderungen ihrer Umweltbedingungen sind, muss diesen Lebensräumen eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Hinzu kommt, dass Moore als CO_2-Senke auch für den Klimaschutz eine wichtige Rolle spielen.

Die Zukunftsaussichten der Hochmoorflächen in naher Zukunft variieren zwischen den einzelnen Naturräumen. In den Höhenlagen des Schwarzwaldes sind in naher Zukunft geringe Veränderungen für die Standorte zu erwarten, teilweise auch im Alpenvorland. In einigen Naturräumen wie im Nordschwarzwald oder im Alpenvorland dürften jedoch laut den Klima-Projektionen die Hochmoor-Standorte außerhalb der derzeitigen Klimahülle zu liegen kommen und daher starke Veränderungen erfahren. Dadurch kann sich die bisherige Artenzusammensetzung erheblich verändern. Die Verluste von klimatisch geeigneten Räumen für Nieder- und Anmoore sind nicht so deutlich wie bei Hochmooren, vielmehr dürften bei diesen Standort-Typen in naher Zukunft circa 80-90 Prozent der Biotopflächen in klimatisch geeigneten Räumen verbleiben.

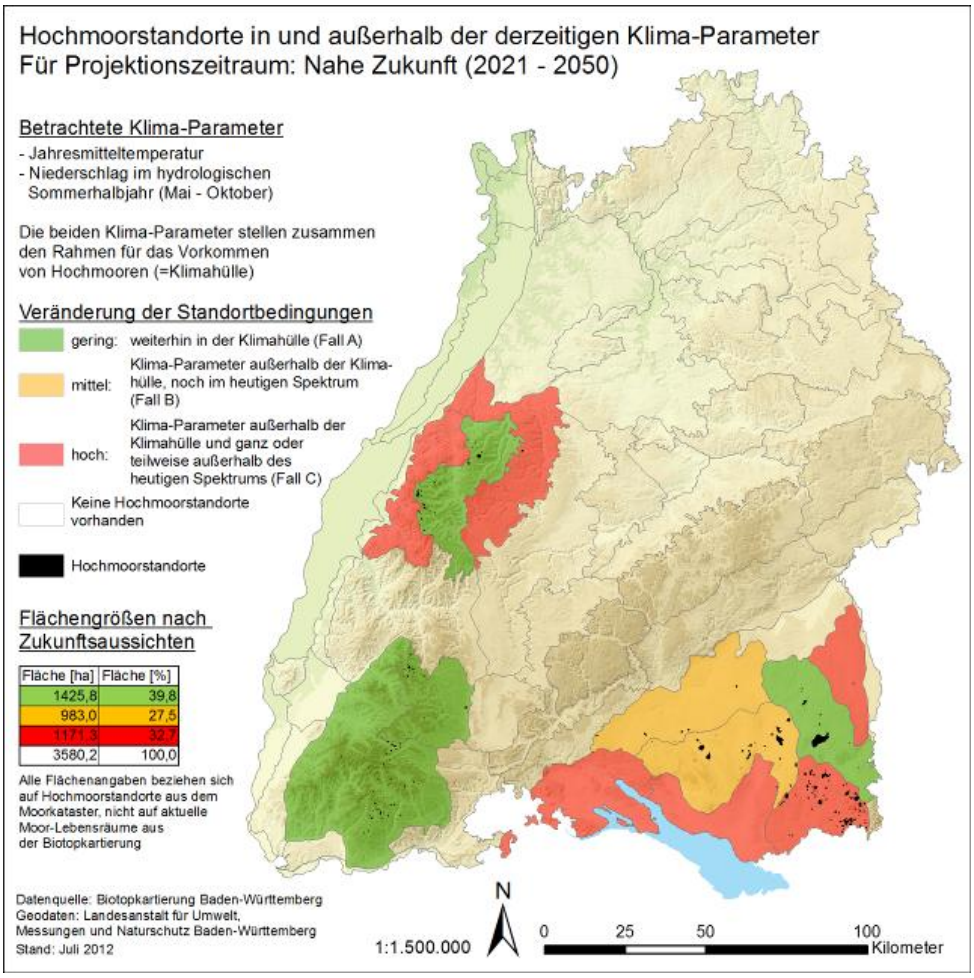


Abb. 3.4.4: Veränderung der Standortbedingungen gemäß Klimahülle für Hochmoor-Standorte

Auch mehrere Waldtypen werden voraussichtlich starken Belastungen durch den Klimawandel ausgesetzt sein. Aus naturschutzfachlicher Sicht sind die Wald-Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie und die gefährdeten Wald-Biotoptypen der Roten Liste vorrangig, die meist als hoch sensitiv eingeschätzt werden. So sind beispielsweise Moorwälder und Bruch-, Sumpf- und Auwälder sowohl sehr sensitiv gegenüber dem Klimawandel als auch meist nach der Roten Liste bereits stark gefährdet. Gefährdete Wald-Biotoptypen und Wald-FFH-Lebensraumtypen sollten daher in forstlichen Planungen und Betriebszielen besonders berücksichtigt werden. Bei den weiteren untersuchten Biotoptypen Baden-Württembergs stellt sich die Situation etwas besser dar. Auch sie werden aber an klimatisch geeigneten Räumen und damit voraussichtlich auch an Fläche verlieren.

Das Schutzgebietssystem Natura 2000 erhält vor dem Hintergrund des Klimawandels eine zusätzliche Bedeutung. Schutzgebiete sind nachweislich effektiv bei der Förderung der Ausbreitung von Arten. Dies gilt für Schutzgebiete nach internationalem (Natura 2000) und nationalem Recht (Naturschutzgebiete, geschützte Landschaftsbestandteile oder flächenhafte Naturdenkmäler). Selbst wenn Schutzgebiete gegebenenfalls ihr aktuelles Arteninventar verändern oder teilweise verlieren werden, sind sie derzeit und voraussichtlich auch in Zukunft die „besten Ausschnitte“ aus einer vielfältig genutzten Landschaft. In ihnen ist die Nutzungsintensität meist geringer als im Umfeld. Zudem sind dort oft besondere Standortbedingungen wie Geologie, Boden oder Wasserhaushalt vorhanden, so dass in ihnen ein besonderes Inventar an Arten und Biotoptypen vorkommt, das in der Normallandschaft nicht oder nicht mehr vorhanden ist. Die Vulnerabilität der Schutzgebiete wird als hoch eingeschätzt. Grund sind die Vielzahl von gefährdeten Arten oder Biotoptypen, der starke Isolationsgrad und die meist fehlende Vernetzung, sowie die zu erwartenden Veränderungen wie Schäden an der Vegetation oder verstärkte Ausbreitung von invasiven Neophyten.

Fazit: In einzelnen Naturräumen können sich die klimatischen Bedingungen in der Zukunft möglicherweise so stark ändern, dass bestimmte Lebensräume verschwinden. Damit verschwindet jedoch nicht die naturschutzfachliche Bedeutung der Flächen. Denn auch wenn sich die Artenzusammensetzung künftig ändern sollte, so weisen solche Flächen trotzdem noch eine weit höhere Artenvielfalt als eine intensiv genutzte Landschaft auf. So sind FFH-Gebiete aus Naturschutzsicht auch in Zukunft noch höher zu bewerten als intensiv ackerbaulich genutzte Flächen.
Vom Klimawandel sind insbesondere die nass-feuchten Lebensräume und Biotope wie Moore betroffen, die verstärkt auszutrocknen drohen. Der Niederschlagsrückgang im Sommerhalbjahr und die höheren Temperaturen machen sich vor allem in den niedriger gelegenen Naturräumen des Landes bemerkbar. In der fernen Zukunft sind nahezu alle Biotoptypen des Landes als mittel oder hoch vulnerabel einzustufen.

Vulnerabilität von Arten

Künftig müssen viele Arten in klimatisch besser geeignete Lebensräume ausweichen, sofern es solche in erreichbarer Nähe überhaupt gibt. Dies trifft vor allem auf Arten zu, die sehr trockene oder sehr nasse Lebensräume, sehr nährstoffarme Böden oder mikroklimatisch kühlfeuchte Räume besiedeln. Erschwerend kommt hinzu, dass die beobachtete Ausbreitungsgeschwindigkeit vieler Arten deutlich geringer ist als das Tempo, das nötig wäre, um mit dem Klimawandel Schritt zu halten. Eine Erwärmung um 1° C in Europa entspricht etwa einer Verschiebung um 150 Kilometer nach Norden. Wenn Arten beispielsweise bei 7,5° C Jahresmitteltemperatur derzeit ihr Optimum haben wie auf der Schwäbischen Alb, müssten sie in der fernen Zukunft (2071 – 2100) bei einer projizierten Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um 3,4° C um rund 510 km nach Norden wandern können, um dieses Optimum zu halten. Arten, die jetzt in Odenwald, Spessart und Südrhön bei einem Jahresmittel von 9,1° C ihr Optimum hätten, müssten sich in der fernen Zukunft um 450 km nach Norden verlagern.

Eine Auswertung der ökologischen Zeigerwerte und der Gefährdungssituation für Pflanzenarten nach der Roten Liste Baden-Württembergs mit speziellen Temperatur- und Feuchte-Ansprüchen zeigt, dass die absolute Zahl an Pflanzen, die sehr kühle Temperaturbedingungen anzeigen, relativ niedrig ist im Vergleich zum Gesamtarteninventar in Baden-Württemberg. Jedoch sind die Anteile gefährdeter Arten mit diesen Ansprüchen relativ gese-

hen sehr hoch. Dies gilt auch für Arten, die sehr nasse Standorte bevorzugen. Bei erhöhten Temperaturen und verringerten sommerlichen Niederschlägen dürften Arten mit diesen ökologischen Ansprüchen voraussichtlich eine starke zusätzliche Gefährdung durch den Klimawandel erfahren. Ähnliches gilt für die Fauna, wo zum Beispiel Arten kühler, sauerstoffreicher Gewässer wie Bachforelle oder Bachneunauge betroffen sein werden.

Die Auswertung der Gefährdungsdisposition und des Gefährdungsgrads nach den Roten-Listen der Tiere Baden-Württembergs zeigt: Schon die bestehenden Gefährdungsfaktoren wie die Zerschneidung und Verkleinerung der Lebensräume haben zu einer hohen Einstufung in der Roten Liste geführt. Bereits in naher Zukunft kommt der Klimawandel als weiterer Gefährdungsfaktor dazu, häufig verbunden mit einem hohen Risiko für den Fortbestand dieser Tierarten in Baden-Württemberg. Auch die FFH-Tierarten des Landes sind durch den Klimawandel überwiegend einer mittleren Gefährdungsdisposition ausgesetzt, die zusätzlich zu den bisherigen Gefährdungen wirkt.

Gemäß den Roten Listen sind derzeit 30 bis 40 Prozent der Arten Baden-Württembergs gefährdet, auch ohne den zusätzlichen Gefährdungsfaktor Klimawandel. Ein Teil der derzeit gefährdeten Arten kann möglicherweise vom Klimawandel profitieren, wobei dieser Anteil als deutlich geringer eingeschätzt wird im Vergleich zu den Arten, die durch den Klimawandel gefährdet werden. Dieser Bedrohungslage steht eine voraussichtlich steigende internationale Schutzverantwortung Deutschlands und Baden-Württembergs für mehrere FFH-Arten gegenüber, weil deren südeuropäische Verbreitungsgebiete verloren gehen und sich nach Baden-Württemberg verlagern. Das kann auch für Arten gelten, die bereits heute in Baden-Württemberg vorkommen. In einer stichprobenartigen Bewertung von 44 in Baden-Württemberg vorkommenden FFH-Arten wurde für 19 Arten eine steigende Schutzverantwortung vorausgesagt.

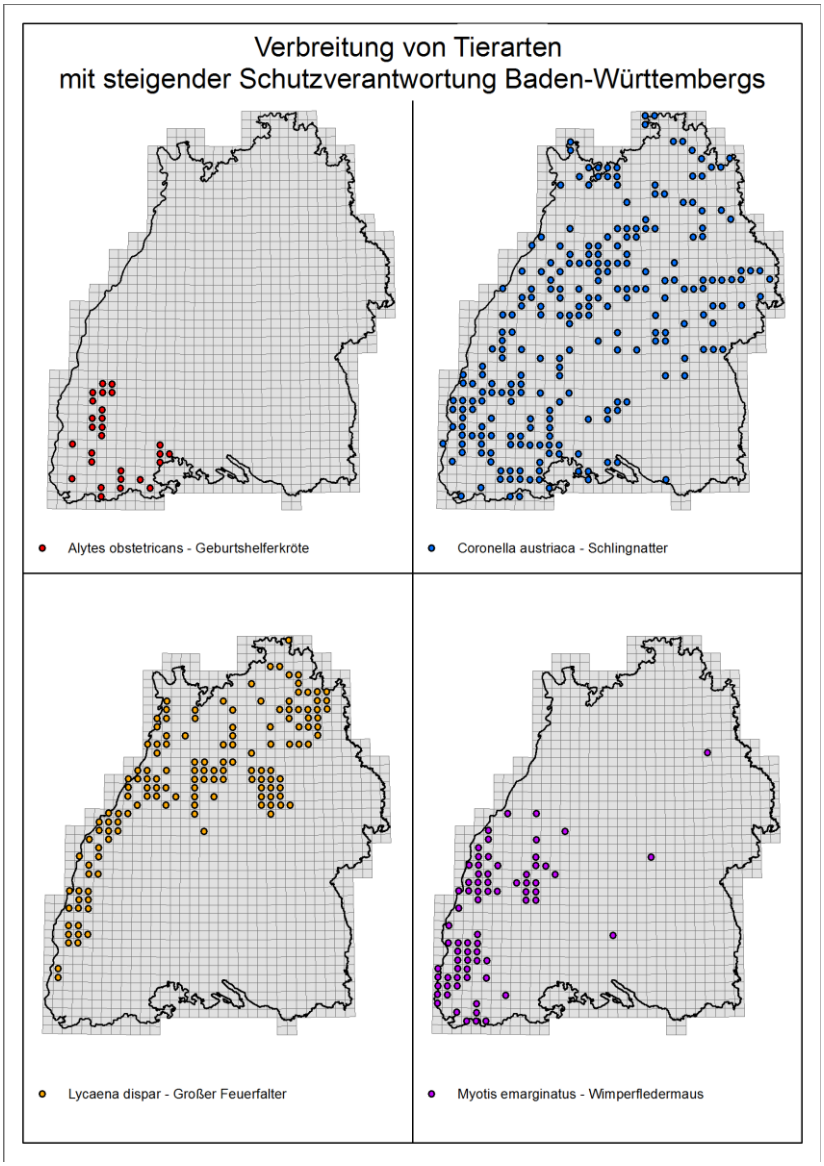


Abb. 3.4.5: Beispiele für die derzeitige Verbreitung von FFH-Tierarten, bei denen sich voraussichtlich die Schutzverantwortung erhöht

Die Vulnerabilität von Arten kann sich durch Desynchronisation, dem zeitlichen Auseinanderfallen von biologischen Interaktionspartnern, noch erhöhen. Diese kommt beispielsweise bei der Bestäubung von Pflanzen oder bei Räuber-Beute-Systemen vor. Solche zeitlichen Verschiebungen führen zum Beispiel dazu, dass der Zeitraum, in dem sich bestimmte Insekten massenhaft entwickeln, und die Aufenthaltszeit von Insekten fressenden Zugvögeln nicht mehr übereinstimmen. Oder Pflanzen werden weniger bestäubt, weil der eine Interaktionspartner über die Temperatur gesteuert wird und der andere über die Lichtverhältnisse (Tageslänge).

Fazit: Die Artenvielfalt in Baden-Württemberg ist bereits heute stark bedroht. Diese Bedrohung nimmt durch den Klimawandel weiter zu. Das gilt insbesondere für Arten, die auf kühle und feuchte Bedingungen angewiesen sind. Auf der anderen Seite können aufgrund der Klimaerwärmung neue (FFH-)Arten aus Südeuropa dauerhaft nach Baden-Württemberg zuwandern. Viele Arten müssen trotzdem als hoch vulnerabel eingestuft werden.

3.4.4. Anpassungsziele und Maßnahmen

Um die Folgen des Klimawandels für die biologische Vielfalt Baden-Württembergs möglichst niedrig zu halten, ist es notwendig, umgehend Bedingungen zu schaffen, damit Arten, Artengemeinschaften und Biotope widerstandsfähiger werden und sich, soweit möglich, an die veränderten Umweltbedingungen anpassen können. Allgemeines Ziel ist, die biologische Vielfalt im Lande zu erhalten und vitale Populationen aufzubauen oder zu erhalten, um den Arten eine Anpassung an den Klimawandel zu ermöglichen. In den nächsten Jahren sollen die typischen Artengemeinschaften, wie sie der naturräumlichen und nutzungsgeschichtlichen Vielfalt des Landes entsprechen, flächendeckend in einen stabilen Zustand überführt und dauerhaft gesichert werden. Besonderes Engagement soll den Arten gelten, für die Baden-Württemberg innerhalb Europas eine besondere Verantwortung trägt.

Die Naturschutzstrategie Baden-Württemberg beschreibt die grundlegenden Ziele des Naturschutzes in Baden-Württemberg und ist deshalb bei den Anpassungsmaßnahmen zu berücksichtigen. Ein wesentliches naturschutzfachliches Ziel darin ist, für bedrohte Arten einen „günstigen Erhaltungszustand“ beizubehalten oder wiederherzustellen. Bis 2020 soll der Gefährdungszustand der Arten spürbar gesenkt werden. Daneben soll ein Programm „Klimaschutz und Moore“ entwickelt werden, das die Erhaltung und Wiedervernässung von Mooren zum Ziel hat. Die Renaturierung von Bächen und Flüssen soll ebenso gefördert werden wie der Biotopverbund auf regionaler und lokaler Ebene.

Maßnahmen zur Erhaltung der Artenvielfalt Anzustreben sind große Populationen mit großer genetischer Bandbreite an vielfältigen Standorten, so dass die Arten das gesamte Spektrum der für sie geeigneten Lebensräume besiedeln können. Dies schafft die Voraussetzungen für eine hohe Anpassungsfähigkeit und die Möglichkeit, neue Lebensräume in klimatisch geeigneten Räumen zu besiedeln. Mit neu einwandernden Arten (Neobiota) sollte differenziert umgegangen werden.
Ermittlung, Förderung und Schutz von Verantwortungsarten, für die sich die Gefährdung erhöht Im Rahmen der Fortschreibung der Roten Listen soll der Klimawandel als potentieller Gefährdungsfaktor separat aufgeführt werden. Populationen von besonders gefährdeten Arten bzw. Unterarten sind zu stärken im Rahmen des Artenschutzprogramms des Landes, um deren Vorkommen zu sichern. Dabei sollen gezielte Maßnahmen umgesetzt werden, so dass ihr Gefährdungsgrad gemäß den Roten Listen des Landes um mindestens eine Gefährdungsstufe verringert wird oder der Erhaltungszustand (Natura 2000-Arten) in einen „günstigen“ Zustand überführt wird. *Zuständigkeit:* Naturschutzbehörden, Naturschutzverbände, Fachverbände *Betroffene Akteure*: Landschaftserhaltungsverbände,. Forst-, Landwirtschafts-, Wasserwirtschaftsbehörden, Landnutzerverbände, Kommunen, Museen für Naturkunde o. ä. Einrichtungen mit Expertenwissen *Zeithorizont/Dringlichkeit:* mittelfristig, hoch
Verbesserung der Überlebenschancen von klimasensitiven und gefährdeten Arten fördern Der Erhaltungszustand von FFH-Arten soll verbessert und die Gefährdung durch den Klimawandel von Arten der Roten Listen verringert werden. Dazu müssen vor allem bestehende Beeinträchtigungen für Fläche und Qualität der Lebensräume reduziert werden, indem der

Flächenverbrauch (für Siedlung und Infrastrukturmaßnahmen) reduziert wird und Räume, die nicht durch Verkehrswege zerschnitten sind, geschützt werden. Daneben sollen spezifische extensive Nutzungen wie kleinräumig differenzierte Nutzungen in Offenland und Wald gefördert werden, die den Fortbestand seltener oder hochgradig gefährdeter Arten und ihrer Lebensräume gewährleisten.

Zuständigkeit: Naturschutzbehörden, Forst-, Landwirtschafts-, Straßenbau- und Wasserwirtschaftsbehörden
Betroffene Akteure: Landschaftserhaltungsverbände, Kommunen und Regionalverbände, Naturschutzverbände und Fachverbände für bestimmte Artengruppen, Landnutzer, Einrichtungen mit Expertenwissen
Zeithorizont/Dringlichkeit: mittelfristig, hoch

Schutzverantwortung bei neu einwandernden Arten prüfen und ggf. Schutzmaßnahmen ergreifen. Einbeziehung von Neobiota in das naturschutzfachliche Informationswesen
a) Arten des europäischen Natura 2000-Schutzgebietssystems sowie andere naturschutzfachlich wertgebende Arten, die bislang nicht in BW vorkommen und derzeit noch südeuropäisch verbreitet sind, können einwandern. Die neu entstehende Schutzverantwortung für diese Arten ist wahrzunehmen, das heißt diese Arten sind durch die Bereitstellung und Erhaltung bzw. Gestaltung von Lebensräumen zu fördern, bei Managementplanungen als Schutzgüter zu behandeln und bei Eingriffsverfahren zu berücksichtigen.
b) Da die verstärkte Ausbreitung von invasiven Arten voraussichtlich zu einer steigenden Gefährdung von heimischen Arten und Lebensräumen sowie von naturschutzfachlich wertvollen Gebieten führen wird, sind sowohl die Entscheidungsgrundlagen als auch die Handlungsmöglichkeiten zu verbessern, damit ein einzelfallbezogenes Management von neu einwandernden Arten möglich ist, das von gewähren lassen bis zu intensiver Bekämpfung reichen kann.

Zuständigkeit: Naturschutzbehörden
Betroffene Akteure: Kommunen, Regionalverbände, Forst-, Landwirtschafts-, Wasserwirtschaftsbehörden, Naturschutzverbände, Landnutzer, Museen für Naturkunde o. ä. Einrichtungen mit Expertenwissen
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, hoch

Maßnahmen zur Erhaltung der Lebensräume
Die Vielfalt der Arten kann nur über die Erhaltung der Vielfalt ihrer Lebensräume erreicht werden. Ziel muss es deshalb sein, die Vielfalt der Standorte zu erhalten.

Intensivierung der Renaturierungsmaßnahmen für Hoch- und Niedermoore
Hoch- und Niedermoore sind zu erhalten bzw. dort, wo angesichts des Klimawandels Erfolgsaussichten bestehen, auch wiederherzustellen. Damit soll ihre besondere Naturschutz- und Klimaschutz-Funktion gefördert werden. Das Land wird das Thema Renaturierung von Mooren im Rahmen der bereits auf den Weg gebrachten Moorschutz-Konzeption systematisch aufbereiten. Bis 2020 soll die Wiedervernässung von 50 % der Hochmoore und 10 % der Niedermoore eingeleitet sein.

Zuständigkeit: Naturschutzbehörden, Wasserwirtschaftsbehörden, Forst-, Landwirtschafts-, Bodenschutz- und Flurneuordnungsbehörden, Behörden mit Zuständigkeit für Emissionen und Klimaschutz

Betroffene Akteure: Landnutzer, Kommunen, Wasserversorger, Wasser- und Bodenverbände, Naturschutzverbände und Fachverbände und Regionalverbände
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, hoch

Förderung des Wasserrückhalts durch Schutz von Feuchtgebieten
Für wasserabhängige Lebensräume besteht das Ziel, Wasser in der Landschaft zurückzuhalten, indem Feuchtgebiete wie Feucht- und Nasswiesen, Feucht-, Sumpf-, Auen- und Bruchwälder geschützt und gefördert werden. Dafür ist zunächst eine landesweite Feuchtgebietskonzeption zu erstellen, die klimasensitive Lebensräume mit hoher Bedeutung für den Naturschutz (und ggf. auch für den Klimaschutz als CO_2-Senke) systematisch ermittelt, verortet und ihre Bedeutung und Funktionsfähigkeit beurteilt sowie Möglichkeiten zu einer Wiederherstellung der naturschutzfachlichen Bedeutung und Funktionsfähigkeit beschreibt. Der naturnahe Wasserhaushalt in möglichst allen Feuchtgebieten ist zu sichern oder wiederherzustellen durch gezielte Förderprogramme zur extensiven Nutzung z.B. von Wiesen, zur Wiedervernässung, zur Stabilisierung der hydrologischen Verhältnisse oder zur Verringerung der Entwässerung im Grünland.

Zuständigkeit: Naturschutz-, Fischerei-, Wasserwirtschaftsbehörden, Forst-, Landwirtschafts- Straßenbau-, Bodenschutz- und Flurneuordnungsbehörden, Behörden mit Zuständigkeit für Emissionen und Klimaschutz
Betroffene Akteure: Landschaftserhaltungsverbände, Landnutzer, Wasserversorger, Wasser- und Bodenverbände, Kommunen, Naturschutzverbände und Fachverbände für bestimmte Artengruppen, Regionalverbände, Einrichtungen mit Expertenwissen
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, hoch

Erhaltung und Wiederherstellung von naturnahen Auen und ihrer natürlichen morphodynamischen Prozesse
Ziel ist es, sensible und gefährdete Lebensräume und Arten der Gewässer und Auen gegenüber zunehmenden Risiken des Klimawandels widerstandsfähiger zu machen. Hierzu sollen Überschwemmungs- und Retentionsflächen erhalten, erweitert und wo möglich durch Vorlandabsenkung oder Deichrückverlegung zurückgewonnen werden. Außerdem sollen morphodynamischen Prozesse erhalten bzw. wiederhergestellt werden. sowie Gewässererwärmung, z.B. durch Kühlwassereinleitung, reduziert werden. Ökologische Flutungen sind nach Naturschutzgesichtspunkten zu optimieren. Dadurch sollen Gefahren durch eine Zunahme von extremen Hoch- oder Niedrigwasserständen sowie durch steigende Wassertemperaturen reduziert werden.

Zuständigkeit: Naturschutz-, Fischerei-, Wasserwirtschaftsbehörden, Forst-, Landwirtschafts- und Bodenschutzbehörden, Behörden mit Zuständigkeit für Emissionen und Klimaschutz
Betroffene Akteure: Landnutzer, Kommunen, Wasserversorger, Wasser- und Bodenverbände, Naturschutzverbände und Fachverbände für bestimmte Artengruppen, Regionalverbände
Zeithorizont/Dringlichkeit: langfristig, hoch

Förderung und Schutz weiterer gefährdeter Lebensraumtypen / Biotoptypen
Ziel ist es, weitere Lebensraum- bzw. Biotoptypen, für die sich aufgrund des Klimawandels die Gefährdung in Baden-Württemberg erhöht, zu fördern und zu schützen. Dies sind neben den Mooren, den Feuchtgebieten und den Weichholz- und Hartholz-Auenwäldern in naturnahen Auen alle weiteren durch den Klimawandel gefährdeten Biotoptypen, insbesondere Schlucht- und Hangmischwälder, Moorwälder, Steppen-Kiefernwälder sowie natürliche montane Bodensaure Nadelwälder, nährstoffarme bis mäßig nährstoffreiche Stillgewässer, temporäre Stillgewässer, dystrophe Seen oder Fließgewässer mit flutender Wasservegetation.

Diese Lebensräume sind zu sichern, indem sie vor Nährstoffeintrag geschützt werden, ein naturnaher Wasserhaushalt erhalten oder wiederhergestellt und eine extensive Nutzung, welche die Lebensraumqualität erhält, gewährleistet wird.

Zuständigkeit: Naturschutz-, Wasserwirtschaftsbehörden, Forst-, Landwirtschafts- und Bodenschutzbehörden, Behörden mit Zuständigkeit für Emissionen und Klimaschutz
Betroffene Akteure: Landnutzer, Kommunen, Wasserversorger, Wasser- und Bodenverbände, Naturschutzverbände und Fachverbände für bestimmte Artengruppen, Regionalverbände
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, hoch

Schutzgebiete als Kernflächen des Biotopverbunds erhalten, stärken und erweitern
Ziel ist es, das Schutzgebietsnetz und den Biotopverbund zu stärken, um die Durchgängigkeit der Landschaft zu erhöhen und die Ausbreitung von Arten in klimatisch zusagende Räume zu fördern. Der Zustand der Schutzgebiete ist rechtzeitig zu optimieren, damit sie die kommenden Herausforderungen des Klimawandels bewältigen können. Derzeit naturschutzfachlich wertvolle Flächen bleiben für den Schutz der Biodiversität wertvoll, auch wenn sich langfristig gesehen der Schutzzweck eines Schutzgebiets im Zusammenhang mit dem Klimawandel möglicherweise ändern wird. Wesentliche Elemente sind die Aufrechterhaltung und Weiterentwicklung des Schutzgebietsnetzes als Ganzes und von einzelnen Schutzgebieten, die Umsetzung von Pflegemaßnahmen sowie die wiederholte Überprüfung der Management- oder Pflegemaßnahmen und ihrer Wirkungen, und die ggf. erforderliche Optimierung von Maßnahmen.

Zuständigkeit: Naturschutzbehörden, Wasserwirtschafts-, Landwirtschafts-, Forst- und Straßenbau-Behörden, Forstbetrieb Staatswald, Kommunen und Regionalverbände
Betroffene Akteure: Kommunen, Landschaftserhaltungsverbände, Landwirtschafts- und Forstbehörden, Forstbetrieb Staatswald, Waldbesitzer, Landnutzer, Straßenbaubehörden, Wassergewinnungsverbände, Naturschutz- und Fachverbände für bestimmte Artengruppen,
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurz- und mittelfristig, hoch

Berücksichtigung des Klimawandels bei der landesweiten Biotopverbundplanung
Um die Durchgängigkeit der Landschaft zu erhöhen und die Ausbreitung von Arten in klimatisch zusagende Räume zu fördern, sollen auf der Basis des Fachplans „Landesweiter Biotopverbund“ regionale oder lokale Biotopverbundplanungen erstellt und umgesetzt werden. Die Biotopverbundplanung wird auf Grundlage der landesweiten Konzeption durch die Regionalverbände in den Landschaftsrahmenplänen konkretisiert und – soweit erforderlich und geeignet – planungsrechtlich über die Regionalplanung gesichert. Die Vernetzungen zu nördlich gelegenen Bundesländern oder in höhere Lagen durch Verbindungsflächen und Verbindungselemente im Biotopverbund sind ebenso zu berücksichtigen wie Talräume und Auen als großräumige Vernetzungsachsen. Empfehlenswert ist neben den schon realisierten Kulissen zu trockenen, mittleren und feuchten Standorten auch eine Standortkulisse „Fließgewässer und Auen“ zu erstellen.

Zuständigkeit: Naturschutz-, Wasserwirtschaftsbehörden, Forst-, Landwirtschafts-, Flurneuordnungs- und Straßenbaubehörden, Forstbetrieb Staatswald, Kommunen und Regionalverbände
Betroffene Akteure: Kommunen, Waldbesitzer, Wassergewinnungsverbände, Naturschutz
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, hoch

Das Landeskonzept zur Wiedervernetzung erleichtert die klimabedingte Wanderung
Aufbauend auf den Zielen der Landesregierung zur Realisierung einer „Grünen Infrastruktur“

und kongruent zur Naturschutzstrategie des Landes steht das Landeskonzept zur Wiedervernetzung auf drei Säulen: erstens werden auf der Grundlage der Biotopverbundplanung notwendige Verbindungsstellen konkret identifiziert und priorisiert; zweitens erfolgt eine landesweite Erhebung der Wanderbewegungen an Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen mit einer Reihung nach Dringlichkeit und Bedeutung; drittens werden die im Bundesprogramm Wiedervernetzung vorgesehenen Maßnahmen bewertet und klassifiziert. Die Umsetzung des Landeskonzeptes dient auch dem klimabedingten Wanderungsbedarf. Sie erfolgt entsprechend den Vorgaben der Naturschutzstrategie. Generell wird der Notwendigkeit der Aufrechterhaltung der Wanderbeziehungen zwischen verschiedenartigen Lebensräumen, sowie der Sicherung des landesweiten Biotopverbundes und der überregionalen Wildwanderwege bei der Planung und der Errichtung von Straßenverkehrsinfrastruktur Rechnung getragen, indem Querungshilfen in Form von Grünbrücken, Grünunterführungen sowie Kleintierdurchlässen errichtet werden.
Bis zum Jahr 2020 sollen außerdem zum Beispiel zusätzlich sechs Wiedervernetzungsmaßnahmen in prioritären Abschnitten von Bundesfernstraßen gemäß Bundesprogramm Wiedervernetzung realisiert, bzw. mit deren Bau begonnen werden.

Zuständigkeit: Naturschutz-, Forst- und Straßenbaubehörden, Kommunen
Betroffene Akteure: Straßenbaubehörde, Kommunen, Waldbesitzer, Naturschutz
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, hoch

Entwicklung und aktive Förderung von Wald-Lebensraumtypen
Um die Vielfalt der Standorte zu erhalten, erscheint es sinnvoll, die west- und südwesteuropäischen Wald-Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie zu entwickeln und aktiv zu fördern. Zur Sicherung der Lebensräume von gefährdeten Wald-Arten sollte zum Beispiel ein Alt- und Totholzkonzept nicht nur im Staatswald, sondern auch im Kommunal-, Körperschafts- und Privatwald verwirklicht und die klimarelevanten Ziele der Waldnaturschutzstrategie umgesetzt werden. In Teilen Mittel- und Süd(west)frankreichs ist eine potenziell natürliche Vegetation vorhanden, die aus einer Vielzahl von Buchen- und Eichen-Waldtypen besteht und die mit den Klimabedingungen in Einklang steht, die für Baden-Württemberg erwartet werden. Das natürliche Vorbild für zukunftsfähige Waldentwicklungstypen stellen artenreiche Buchenmischwälder, z. T. auch Eichenmischwälder, dar: Solche Waldbilder sind bereits aktuell sinnvoll, durch den ablaufenden Klimawandel wird ihre beschleunigte Entwicklung vordringlich.

Zuständigkeit: Naturschutzbehörden, Forstbehörden, Waldbesitzer, forstliche Betriebe
Betroffene Akteure: Kommunen, Wassergewinnungsverbände, Naturschutz- und Fachverbände, Bodenschutz- und Wasserwirtschaftsbehörden
Zeithorizont/Dringlichkeit: langfristig, mittel

3.5. Wasserhaushalt

3.5.1. Eckdaten, Funktionen und Ziele

Baden-Württemberg ist ein wasserreiches Land: Rund 38.000 Kilometer Fließgewässer durchziehen unser Land. Die bedeutendsten hiervon sind Rhein, Neckar und Donau. Der Bodensee ist mit einer Fläche von 536 Quadratkilometern der drittgrößte See Mitteleuropas. Daneben stellen rund 4.500 stehende Gewässer mit einer Größe von mindestens 2.000 Quadratmeter Lebensräume hoher ökologischer Qualität mit vielfältiger Nutzung dar. 249 Pegel des hydrologischen Messnetzes liefern Daten zu Abfluss und Wasserstand, teilweise ab dem Ende des 19. Jahrhunderts.

Viele unserer Gewässer werden intensiv genutzt, zum Beispiel für Kühl- und Produktionswasser in Industrie und Gewerbe, zur Erzeugung von Energie durch Wasserkraft oder auch zur Trinkwassergewinnung. Das Abwasser der etwa 10,5 Millionen Einwohner des Landes und der angeschlossenen Industrie wird in Kläranlagen gereinigt und letztendlich (wieder) in die Gewässer eingeleitet. Die Gesamtlänge der öffentlichen Kanalisation beträgt rund 70.000 Kilometer.

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 zehn Prozent genutzt.

Abb. 3.5.1: Wassernutzung in Baden-Württemberg im Jahr 2010
Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 2012

Rund 10 Prozent des Gesamtverbrauches dienen der öffentlichen Wasserversorgung durch über 1.300 Wasserversorgungsunternehmen. Die vier Fernwasserversorgungen stellen zusätzlich Wasser für Mangelgebiete bereit. Jährlich werden rund 652 Millionen Kubikmeter Trinkwasser bereitgestellt. Dieses stammt zu 73 Prozent aus Grund- und Quellwasser und zu 27 Prozent aus Oberflächenwasser (hauptsächlich Bodensee, Donau unterhalb von Ulm, Talsperre Kleine Kinzig).

Art und Menge des verfügbaren Grundwassers sind vom Niederschlag, aber auch von der Beschaffenheit des Untergrundes, der Deckschicht und den hydrologischen Verhältnissen abhängig. Grundwasser ist daher in Baden-Württemberg sehr ungleich verteilt. Die größten Grundwasservorkommen liegen im Rheintal, im Donau- und Illertal, größere Vorkommen auch in den Molasseablagerungen Oberschwabens. Dagegen sind die Hochflächen des

Schwarzwaldes und der Schwäbischen Alb, die Hohenloher Ebene, die Gäulandschaften und der mittlere Neckarraum Wassermangelgebiete.

Landesweit von untergeordneter Bedeutung ist derzeit die Nutzung für die Beregnung und Bewässerung. Das kann sich in landwirtschaftlich intensiv genutzten Regionen angesichts der klimatischen Entwicklung und bei entsprechender Empfindlichkeit der angebauten Kulturen langfristig ändern. Bislang ist die Wassergewinnung in Baden-Württemberg insgesamt jedoch seit Ende der 1980er Jahre rückläufig. Sie ist bezogen auf alle Nutzer im Zeitraum von 1991 bis 2010 von 6.868 auf 4.645 Millionen Kubikmeter pro Jahr gesunken.

Wasserwirtschaft – Herausforderungen durch Klimawandel

Die Veränderungen des regionalen Wasserhaushalts infolge des Klimawandels hat unmittelbare Auswirkungen auf wesentliche Teilbereiche der Wasserwirtschaft, vor allem auf den Hochwasserschutz, die Siedlungsentwässerung, die Wasserversorgung, den Gewässerschutz, die Gewässerentwicklung und die Bewirtschaftung und Nutzung der Gewässer.

Für eine nachhaltige Planung von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen und als Reaktion auf die zu erwartenden Veränderungen auf Grund des Klimawandels haben die Länder Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz gemeinsam mit dem Deutschen Wetterdienst im Jahr 1998 das Kooperationsvorhaben KLIWA („Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“) ins Leben gerufen. Die dort gewonnenen Ergebnisse sind wesentliche Grundlage für die vorgenommenen Folgenabschätzungen.

Abb. 3.5.2: Die Wirkungskette des Wasserhaushaltes Quelle: wfz, Handout Gutachterabschlusstreffen vom 14.5.13

3.5.2. Wirksame Klimafaktoren

Die wichtigsten Klimafaktoren für den Wasserhaushalt sind der Niederschlag und die Lufttemperatur. Die zur Abschätzung der Abflussbildung bedeutsamen Niederschlagsszenarien sind mit größeren Unsicherheiten behaftet als die Szenarien zur künftigen Temperaturentwicklung. Trotz der Unschärfen sind regionale und saisonale Unterschiede beim Niederschlag erkennbar. In der nahen Zukunft werden sich in Baden-Württemberg die sommerlichen Niederschläge nur wenig verändern. Die Winterniederschläge jedoch werden je nach Region und Modell um 5 bis 20 Prozent, in manchen Regionen sogar bis zu 35 Prozent zunehmen. Besonders betroffen hiervon sind der Schwarzwald und das Alpenvorland. Ebenfalls steigen wird die Zahl der Tage mit hohen Niederschlägen (mehr als 25 mm pro Tag) im Winter. In den Hochlagen des Schwarzwalds wird in den Monaten Dezember bis Februar im Mittel etwa eine Verdoppelung erwartet. Damit erhöht sich die Gefahr von Winterhochwassern.

Die Lufttemperatur wird in Baden-Württemberg auch in der nahen Zukunft (bis 2050) weiter deutlich zunehmen: Im hydrologischen Winterhalbjahr (November bis April) je nach Region um bis zu ca. 1,7 °C und im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) um bis zu ca. 1,4 °C. Die erwartete Temperaturzunahme im Winter hat großen Einfluss auf die Zwischenspeicherung von Niederschlag als Schnee und kann somit entscheidend für die zukünftig zu erwartenden Abflussverhältnisse sein. Bereits heute ist festzustellen, dass sich die Schneeverhältnisse, insbesondere in den Lagen unterhalb 1.000 Meter über dem Meeresspiegel, verschlechtert haben. Die Temperaturzunahme im Sommer hat deutliche Auswirkungen auf die Verdunstung und führt auch zu einem Anstieg der Temperaturen im Gewässer.

3.5.3. Vulnerabiliät und Auswirkungen

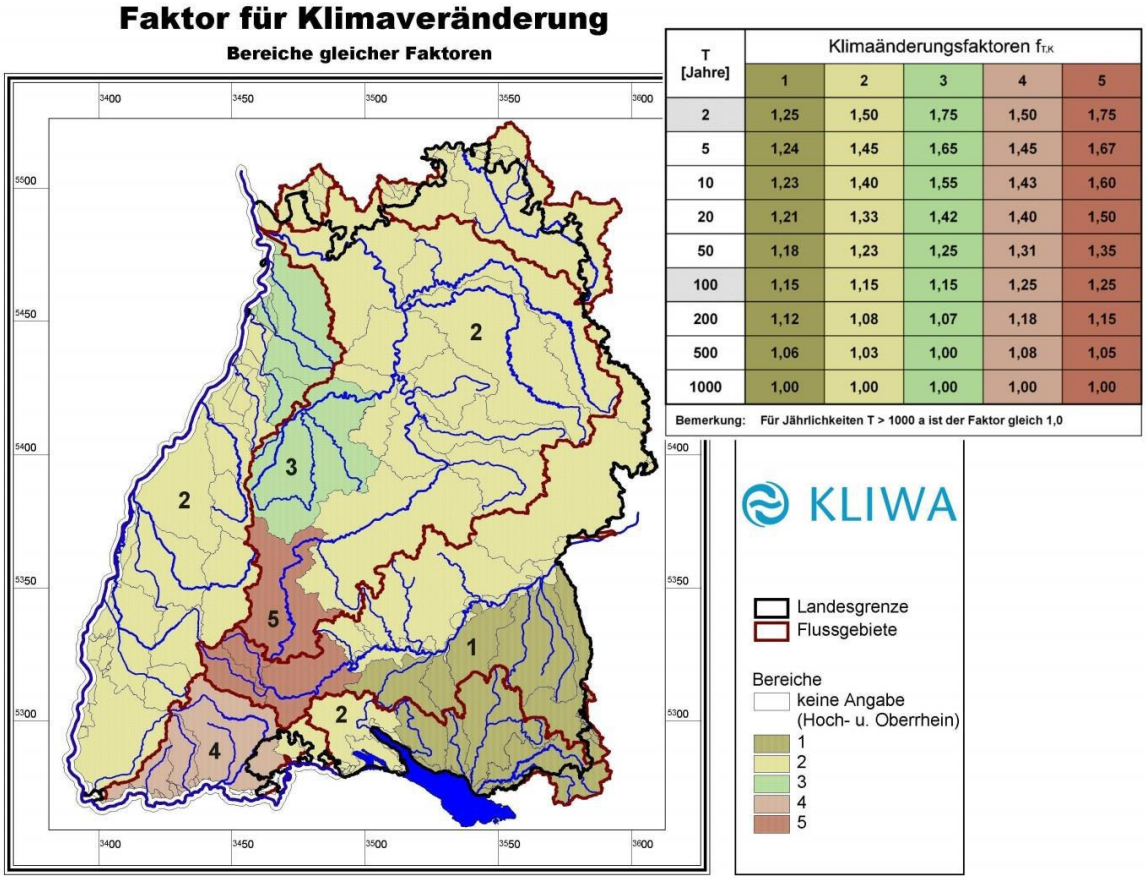
Die Auswirkungen auf den Wasserhaushalt sind letztendlich nur über Berechnungen mit Wasserhaushaltsmodellen abschätzbar. Umfangreiche Untersuchungen und Simulationen wurden im Rahmen von KLIWA durchgeführt. Neben dem Klimawandel müssen hierbei allerdings weitere Größen wie zum Beispiel der demografische Wandel, Energieerzeugung oder Landnutzungsänderungen als Einflussfaktoren auf den Wasserhaushalt berücksichtigt werden.

Hochwasser – häufiger und heftiger

Seit etwa Mitte der 1970er Jahre treten in Baden-Württemberg häufiger Hochwasser auf als in der Zeit davor. Für die nahe Zukunft ist in Abhängigkeit der Flusscharakteristik eine Verschärfung der Hochwassersituation sowohl in der Höhe, der Dauer als auch der Auftretenshäufigkeit durch die zu erwartenden Klimaveränderungen sehr wahrscheinlich. Am Neckar ist beispielsweise mit einer deutlichen Erhöhung der mittleren monatlichen Hochwasserabflüsse im Winterhalbjahr um ca. 39 Prozent zu rechnen, wohingegen im Sommerhalbjahr nur eine geringe Veränderung von etwa einem Prozent plus zu erwarten ist.

Grundsätzlich werden kaum Veränderungen bei Hochwasserereignissen (z. B. ein hundertjährliches Hochwasser, HQ100) an solchen Gewässern erwartet, die maßgeblich durch die

Schneeschmelze beeinflusst sind (sog. „nivales Abflussregime“, z.B. Hochrhein, Oberrhein). Dagegen sind größere Veränderungen bei Gewässern wie beispielsweise dem Neckar und der Kinzig zu erwarten, deren Hochwasser überwiegend durch Regenereignisse charakterisiert sind (sog. „pluviales Abflussregime“). Die prognostizierte Zunahme des für die Bemessung von Hochwasserschutzanlagen wichtigen Hochwasserabflusses HQ100 wird für den südlichen Schwarzwald sowie den Oberläufen von Neckar und Donau auf rund 25 Prozent beziffert. In den übrigen Landesteilen wird die Zunahme auf 15 Prozent geschätzt.
Die integrale Hochwasserschutzstrategie des Landes Baden-Württemberg stellt eine wichtige Basis für die Anpassung an steigende Hochwassergefahren dar.



T [Jahre]	Klimaänderungsfaktoren $f_{T,K}$				
	1	2	3	4	5
2	1,25	1,50	1,75	1,50	1,75
5	1,24	1,45	1,65	1,45	1,67
10	1,23	1,40	1,55	1,43	1,60
20	1,21	1,33	1,42	1,40	1,50
50	1,18	1,23	1,25	1,31	1,35
100	1,15	1,15	1,15	1,25	1,25
200	1,12	1,08	1,07	1,18	1,15
500	1,06	1,03	1,00	1,08	1,05
1000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Bemerkung: Für Jährlichkeiten T > 1000 a ist der Faktor gleich 1,0

Abb. 3.5.3: Lastfall Klimawandel - Regionen mit einheitlichen Klimaänderungsfaktoren fT,K für den technischen Hochwasserschutz und Tabelle der Klimaänderungsfaktoren fT,K . Je höher dieser Faktor ist, desto höher sind die zu erwartenden Hochwasserabflüsse. Braune Linien = Grenze der Flussgebietssysteme Hochrhein, Oberrhein, Neckar, Donau, Bodensee

Fazit: Bis 2050 ist eine Verschärfung der Hochwassersituation sowohl in der Höhe, der Dauer als auch der Häufigkeit sehr wahrscheinlich – insbesondere im Winterhalbjahr. Schwere Schäden können sowohl lokal als auch großräumig auftreten. Für die ferne Zukunft lassen sich noch keine detaillierten Angaben machen. Insgesamt ist der Bereich Hochwasser hoch vulnerabel.

Niedrigwasser – Vorsorgekonzepte zunehmend von Bedeutung

Für Baden-Württemberg ist für die nahe Zukunft zu erwarten, dass die Niedrigwasserabflüsse im Sommerhalbjahr deutlich abnehmen (minus 10 bis 20 Prozent). In einem breiten Band vom Südwesten bis zum Nordosten variiert die zu erwartende Abnahme zwischen 13 und 14 Prozent. Hierin liegen vor allem der Oberlauf des Neckars und die östlichen Neckarzuflüsse. Zudem wird die jährliche Niedrigwasserperiode rund einen Monat früher auftreten als heute: Die größten Abnahmen der mittleren monatlichen Niedrigwasserabflüsse werden im Südwesten und Südosten Baden-Württembergs im Monat September, bei den Hochrheinzuflüssen, im Oberlauf des Neckars und dem nördlichen Zuflussbereich zur Donau im Oktober und in den restlichen Gebieten Baden-Württembergs im November auftreten. Infolgedessen steigt die Dauer von Niedrigwasserperioden großräumig erheblich an. Wesentliche Auswirkungen sind auf die Energiewirtschaft, die Wassergüte- und Wassermengenwirtschaft, die Binnenschifffahrt, Gewässerökologie und Fischerei zu erwarten. Im Hinblick auf die Anpassungskapazität sind Niedrigwasservorhersagen für circa 100 Pegel sowie Temperaturmodelle für Rhein und Neckar vorhanden. Genutzt werden diese Informationen unter anderem von Industriebetrieben, Energieversorgern und Behörden.

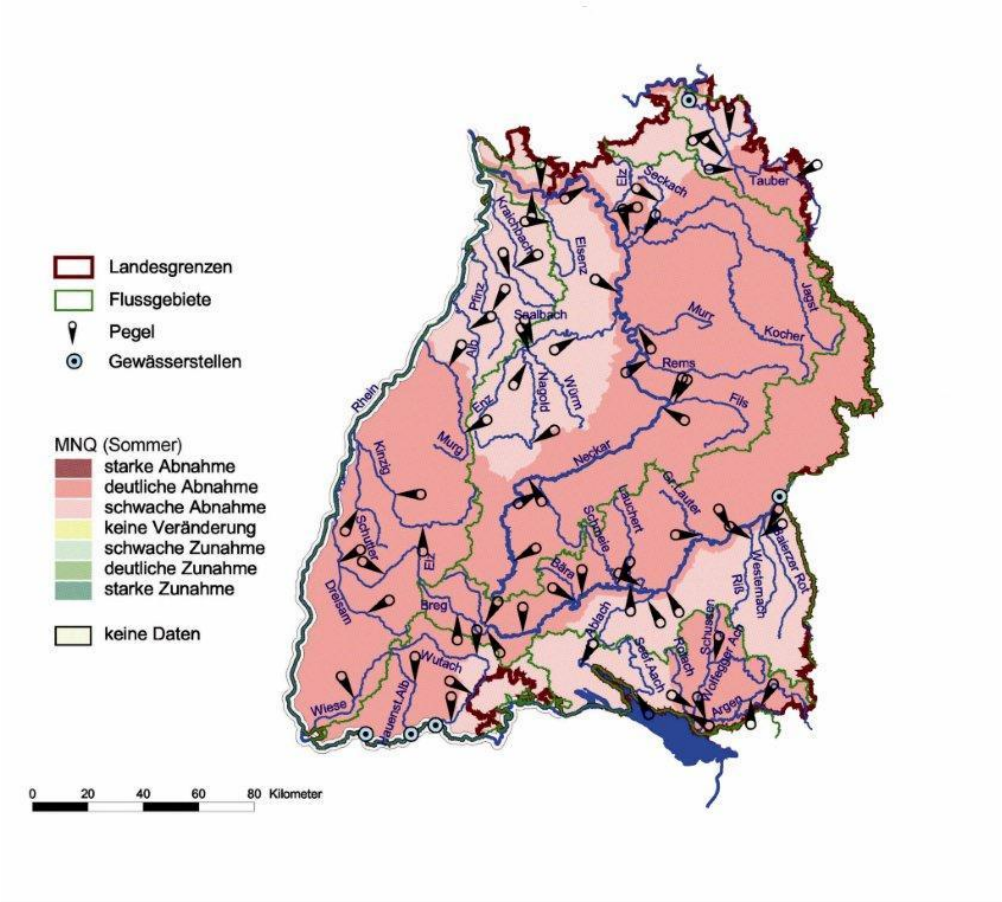


Abb. 3.5.4: Einfluss der Klimaänderung auf Niedrigwasserverhältnisse (Veränderung des mittleren Niedrigwasserabflusses MNQ im Sommerhalbjahr für 2021-2050)

Fazit: Trockene und wärmere Sommer lassen in Zukunft die Wasserstände sinken. Abnehmende Sommerniederschläge und zunehmende Verdunstung durch höhere Temperaturen führen künftig zu geringeren Abflüssen im hydrologischen Sommerhalbjahr. Bis 2050 werden Niedrigwasserabflüsse insbesondere im Sommerhalbjahr flächendeckend weiter abnehmen und die Dauer von Niedrigwasserperioden wird erheblich ansteigen. Extreme Niedrigwasserereignisse treten großräumig auf und sind kurzfristig nicht zu vermeiden. Hiermit können bedeutende ökologische und volkswirtschaftliche Schäden einhergehen.

Gewässerökologie – Starke Einflüsse auf Fisch & Co.

Der Klimawandel (steigende Wassertemperaturen, sinkender Sauerstoffgehalt) verändert die aquatischen Lebensräume und ihre Lebensgemeinschaften. Der Lebensraum für kälteliebende Fischarten wie die Forellen wird zurückgehen. Bereits kurzzeitige Extremtemperaturen können einer Fischpopulation schaden. Temperaturänderungen beeinflussen zum Beispiel das Laichverhalten von Tieren. Wärmeliebende Fischarten breiten sich aus. Die Verbreitung und Zusammensetzung der am Gewässerboden lebenden Organismen (Makrozoobenthos) wird sich ebenfalls entsprechend verändern. Viele Neobiota, also Tier- und Pflanzenarten, die unter direktem oder indirektem Einfluss des Menschen eingewandert sind, könnten dagegen indirekt vom Klimawandel profitieren, wenn sie tolerant gegen Temperaturänderung, Eutrophierung oder Versalzung sind. Dabei können sie gegebenenfalls auch bisher heimische Arten verdrängen.

Häufigere extreme Hochwasserabflüsse haben dagegen einerseits positive Wirkungen durch Kiesumlagerungen und Schaffung neuer Lebensräume im Gewässer. Andererseits werden durch erhöhte Niederschläge Feinsedimente aus der Fläche in die Gewässer eingetragen, die auch Schadstoffeinträge begünstigen. Im Ablauf einer Hochwasserwelle können sie den Lückenraum verstopfen und die Fischhabitate negativ beeinträchtigen. Die Anpassungskapazität gegenüber Extremereignissen ist umso größer, je besser die Strukturvielfalt und der ökologische Zustand des Gewässersystems sind. Die Anpassungsfähigkeit einzelner Arten oder bestimmter Nahrungsnetze ist eher als gering einzustufen, da jede Art oft sehr spezifische Anforderungen an den Lebensraum stellt.

Bei Phytoplankton und Makrophyten dürften sich die positiven und negativen Auswirkungen des Klimawandels die Waage halten, da höhere Temperaturen und Nährstoffeinträge das Pflanzenwachstum fördern. Indirekte Wirkungen ergeben sich aus einer höheren Anfälligkeit bestimmter Arten der aquatischen Lebensgemeinschaft gegenüber Krankheiten und Parasiten sowie aus Konkurrenzsituationen mit nicht heimischen Arten.

Fazit: Die aquatischen Lebensräume werden sich aufgrund eines geänderten Temperaturregimes verschieben. Einzelne Arten oder bestimmte Nahrungsnetze haben sehr spezielle Anforderungen an ihren Lebensraum und können sich kaum an veränderte Umweltfaktoren wie wärmeres Wasser, höhere Nährstoffgehalte oder eine veränderte Gewässerstruktur anpassen. Neue eingeschleppte Arten könnten heimisch werden und bisher ansässige Spezies verdrängen. Insgesamt wird die Gewässerökologie als hoch vulnerabel eingestuft.

Siedlungsentwässerung – Starkregen lässt Kanalisation überfluten

Bei der Siedlungsentwässerung kann durch sehr kurze aber heftige Niederschlagsereignisse (Sturzregen) in bebauten Gebieten und durch Zufluss aus dem nicht bebauten Gebiet („Außengebiet“) die Kanalisation überlastet werden; es kann zu Rückstau und Überflutungen durch überlaufende Kanäle in den Städten kommen. Solche Ereignisse werden künftig regional häufiger und intensiver auftreten. Dies stellt die Kommunen vor eine neue Aufgabe: den Überflutungsschutz außerhalb von Flusssystemen.

Gravierende negative Auswirkungen auf die Prozesse der Abwasserreinigung in den Kläranlagen sind nicht zu befürchten. Allerdings wird die Empfindlichkeit der aufnehmenden Gewässer angesichts häufigerer und extremerer Niedrigwassersituationen und steigender Temperaturen zunehmen. Auch bei zurückgehenden Schadstoffeinträgen kann der ökologische Schaden daher steigen. Dies kann höhere Anforderungen an die Qualität des eingeleiteten Abwassers erforderlich machen. Darüber hinaus müssen Abwasseranlagen vor Hochwasser geschützt werden, da diese häufig in hochwassergefährdeten Gebieten liegen.

Fazit: Die Siedlungsentwässerung ist gegenüber dem Überflutungsrisiko hoch vulnerabel. Auch wenn die Abwasserreinigung selbst nur wenig anfällig auf den Klimawandel reagiert, können durch die zunehmende Empfindlichkeit der aufnehmenden Gewässer höhere Anforderungen an die Abwasserreinigung resultieren. Die Anpassungsfähigkeit der Siedlungsentwässerung hängt von den Eigenschaften der technischen Anlagen ab und bedarf der Prüfung im Einzelfall.

Grundwasser - Mehr Neubildung im Winter, weniger im Sommer

Die Grundwasserneubildung ist stark abhängig von der Höhe des Niederschlags und der Temperatur. Die Zunahme von sommerlichen Trockenperioden führt zu einer geringeren Grundwasserneubildung im Sommerhalbjahr und zu einer Zunahme des Trockenheitsindex. Berechnungen haben ergeben, dass es künftig vermehrt zu Trockenzeiten kommen kann, bei denen der Wassergehalt im Boden unter einen kritischen Wert von 30 Prozent sinkt (jährlich zusätzlich zwei bis drei Wochen). Im Sommerhalbjahr ist gleichzeitig eine verstärkte Beanspruchung der Grundwasservorräte zu erwarten, zum Beispiel durch erhöhten Trinkwasserbedarf (Spitzenbedarfsdeckung) oder eine steigende landwirtschaftliche Beregnung. Die Verschiebung der Niederschläge in das Winterhalbjahr, in dem überwiegend die jährliche Grundwasserneubildung stattfindet, lässt dagegen Grundwasserstände steigen. Damit nimmt regional die Vernässungsgefahr zu.

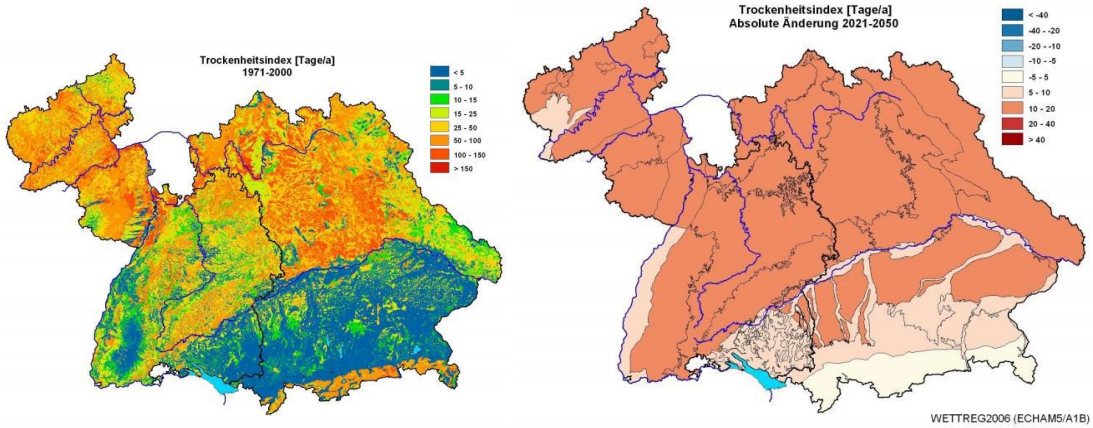


Abb. 3.5.5: Trockenheitsindex in Tage/Jahr für das KLIWA Gebiet auf Basis von WETTREG2006
Angaben für 1971 bis 2000 (links) und für den Zeitraum 2021-2050 (rechts)
Quelle: KLIWA Heft 17, 2012

Fazit: Die Grundwasserneubildung wird sich bis 2050 insgesamt nur wenig ändern. Aufgrund geänderter Niederschlagsverteilung nimmt die innerjährliche Schwankungsbreite mit niedrigeren Grundwasserständen im Sommer und höheren Grundwasserständen im Winter zu. Die Vulnerabilität des Grundwassers liegt im mittleren Bereich.

Trinkwasserversorgung – Versorgungssicherheit von lokalen Gegebenheiten abhängig

Im Sommerhalbjahr könnte der Trinkwasserbedarf steigen und hierdurch könnten die Grundwasservorräte verstärkt beansprucht werden. Die Entwicklung ist jedoch von vielen weiteren Randbedingungen abhängig und derzeit noch nicht quantifiziert. Landesweit geht heute von der öffentlichen Wasserversorgung nur ein geringer und seit Jahrzehnten tendenziell abnehmender Nutzungsdruck auf die Wasserressourcen aus. Dennoch kann der Nutzungsdruck lokal bedeutsam sein.

Die dreisäulige Wasserversorgungsstruktur in Baden-Württemberg mit Gemeinde-, Gruppen- und Fernwasserversorgungen hat sich bewährt und konnte bisher flexibel auf Kapazitätsveränderungen reagieren. So ist die Wasserversorgung landesweit auch langfristig gesichert. Wasserversorgungsunternehmen, die nur Eigenwasserressourcen nutzen oder ausschließlich Fremd- bzw. Fernwasser beziehen, könnten jedoch aufgrund der geringeren Anpassungskapazität in Problemlagen geraten.

Fazit: Die Wasserversorgung ist auf Landesebene im Hinblick auf klimabedingte Änderungen als gesichert anzusehen. Dennoch hängt die Vulnerabilität des Wasserdargebots und der Infrastruktur von den lokalen Bedingungen der Wasserversorger ab und kann zwischen gering bis hoch liegen. Die Anfälligkeit der Trinkwasserversorgung schätzen die Experten in Einzelfällen stellenweise als hoch ein.

Bodensee – Klimawandel beeinflusst den Wasseraustausch

Der saisonale Wasserstand des Bodensees wird neben den klimatischen Einflussfaktoren wie Niederschlags-, Verdunstungs- und Abflussverhältnissen im Einzugsgebiet auch durch den Ausbau alpiner Speicherbecken beeinflusst. Seit etwa den 1990er Jahren fallen deutlich niedrigere sommerliche Wasserstände auf. Die Schwankungen im Wasserspiegel wirken sich in flachen Ufergebieten, den Bereichen mit der größten Artenvielfalt, am stärksten aus. Betroffen hiervon sind Erosions- und Sedimentationsprozesse, Wasseraustauschprozesse, aber auch die Temperaturverhältnisse im ufernahen Flachwasserbereich. Der Boots- und Schifffahrtsverkehr ist vom Wasserstand mitbestimmt; er kann bei Niedrigwasser in Hafenanlagen eingeschränkt sein.

Aufgrund der hohen Wärmekapazität von Wasser reagiert der Bodensee langsam und auf komplexe Weise auf Klimaänderungen. Für die langfristige Entwicklung ist das Zirkulationsverhalten entscheidend, d.h. die Durchmischung der horizontalen Wasserschichten, die von verschiedenen Faktoren abhängt: Wassertemperaturen, Lufttemperatur, Häufigkeit von Stürmen und Starkwinden, Wasserspiegel und Wasserzufluss, Höhe der Verdunstung etc. Zwischen 1960 – 2006 wurde 34-mal eine Gesamtdurchmischung des Bodensees beobachtet. Seit 2007 findet man vermehrt Jahre mit schlechterer vertikaler Durchmischung (siehe Abb. 3.5.6). Änderungen im vertikalen Stofftransport beeinflussen die Sauerstoffverhältnisse in der Tiefe und die Verfügbarkeit von Nähr- und Mineralstoffen für das Plankton im Frühjahr. Ob und wie sich die Zirkulation künftig ändern wird, ist derzeit nicht vorhersagbar.

Aktuelle Überlegung zur Bodenseenutzung
In den ufernahen Bereichen des Bodensees laufen derzeit erste Planungen das Seewasser aus der Tiefe für Kühlzwecke und zur Heizungsunterstützung zu nutzen. Die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) wie auch das Umweltministerium unterstützen die Nutzung des Sees zu Kühl- und Heizzwecken.

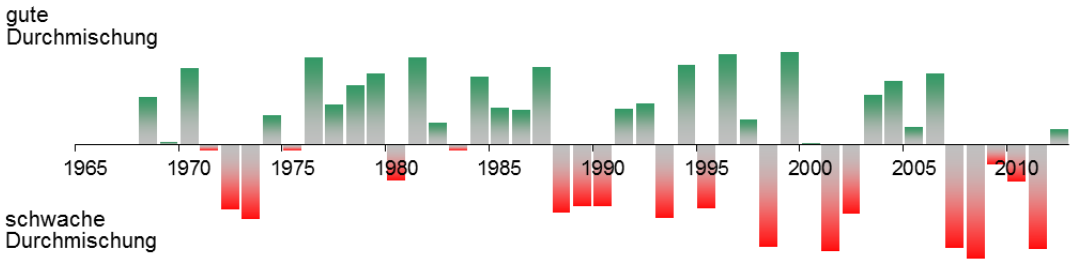


Abb. 3.5.6: Durchmischungsindex Bodensee (1968-2012, grün: Jahre mit guter Zirkulation, rot: Jahre mit schlechter Zirkulation)

Fazit: Der Klimawandel könnte das ökologisch bedeutsame Zirkulationsverhalten (Wasseraustausch) beeinflussen. In diesem Punkt wird die Anfälligkeit des Bodensees als mittel eingestuft. Durch häufigere Niedrigwasserstände ist insbesondere der flache Uferbereich betroffen. Diese Vulnerabilität wird als gering eingestuft. Die Trinkwasser-versorgung aus dem Bodensee ist durch niedrigere Wasserstände nicht gefährdet.

Gesamtbewertung - Vulnerabilität des Wasserhaushaltes auf einen Blick

Klimaveränderungen wirken sich unterschiedlich stark auf die Bereiche des Wasserhaushaltes aus. Hoch vulnerabel sind alle Bereiche, die von extremen Niederschlagsereignissen und Trockenperioden beeinflusst werden und bei denen eine Anpassung nur bedingt erfolgen kann. Dazu gehören Hochwasser, Niedrigwasser, Gewässerökologie sowie die aus der Siedlungsentwässerung stammenden Überflutungen. Die Vulnerabilität der Trinkwasserversorgung ist generell hoch in Bezug auf die Abgabe von Trinkwasser. Eine hohe Vulnerabilität kann lokal auch in Bezug auf das Wasserdargebot und die Infrastruktur gegeben sein. Anpassungsstrategien sind für alle Bereiche zumindest teilweise bereits vorhanden oder in Planung. Der höchste Handlungsdruck besteht beim Hoch- und Niedrigwasser, der Gewässerökologie sowie beim innerstädtischen Überflutungsschutz.

Tab. 3.5.1: Darstellung der Vulnerabilität des Wasserhaushalts als kombinierte Betrachtung aus Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität; Quelle: wfz

Schwerpunktthema	**Exposition**	**Sensitivität + poten-zielle Auswirkungen**	**Anpassungskapazität**	**Vulnerabilität**
Hochwasser	hoch	hoch	mittel	hoch
Niedrigwasser	hoch	hoch	gering	hoch
Gewässerökologie	hoch	hoch	mittel	hoch
Siedlungsentwässerung				
➢ Überflutung	hoch	hoch	mittel	hoch
➢ Regen-/Mischwasser-einleitungen	hoch	hoch	mittel	hoch
➢ Abwasserreinigung	hoch	mittel	hoch	gering
Grundwasser	hoch	mittel	mittel	mittel
Trinkwasser				
➢ Wasserdargebot	hoch	mittel	mittel	gering bis hoch
➢ Infrastruktur	hoch	mittel	mittel	gering bis hoch
➢ Wasserabgabe	hoch	mittel	gering	hoch
Bodensee				
➢ Zirkulationsverhalten	hoch	mittel	mittel	mittel
➢ Niedrigwasser	hoch	mittel	hoch	gering

3.5.4. Anpassungsziele und Maßnahmen

Die Folgen der bis zum Jahr 2050 erwarteten Klimaänderungen auf die Wasserwirtschaft sind aus heutiger Sicht mit geeigneten Anpassungsmaßnahmen weitgehend beherrschbar. Die wasserwirtschaftlichen Grundlagen müssen allerdings stärker als in der Vergangenheit regelmäßig überprüft werden. Beim Hoch- und Niedrigwasser sowie bei der Siedlungsentwässerung müssen die Anpassungsmaßnahmen Schaden für Mensch und Umwelt abwenden. Das Land hat mit der integralen Hochwasserstrategie, der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie und seiner Strategie zur zukunftsfähigen Trinkwasserversorgung schon eine gute Basis für die Anpassung an den Klimawandel geschaffen. Hierzu gehören folgende bereits laufende Maßnahmen:

- Landesweite Erstellung und Fortschreibung von Hochwasser-Gefahrenkarten und Hochwasserrisikomanagementplänen gemäß EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie
- Erstellung und Fortschreibung der Hochwasserrisikomanagementpläne
- Einrichtung und Durchführung von Hochwasserpartnerschaften
- Freihalten von überflutungsgefährdeten Flächen
- Betrieb von Warn- und Alarmdiensten, einschließlich der Einführung eines landesweiten Hochwasserfrühwarnsystems für kleine Einzugsgebiete
- Bewirtschaftung und Maßnahmenplanung mit integrierter Flussgebietsbetrachtung zur Herstellung des guten chemischen und guten ökologischen Zustands der Gewässer
- Förderung von Investitionsmaßnahmen der öffentlichen Wasserversorgung und Maßnahmen zur Strukturverbesserung

Hochwassergefahrenkarten werden für alle relevanten Gewässer in einem Gemeinschaftsprojekt der Kommunen und des Landes Baden-Württemberg erstellt. Sie liefern an circa 11.000 Kilometer Gewässern konkrete Informationen über die mögliche Ausdehnung und Tiefe einer Überflutung, so dass mögliche Vorsorge- und Schutzmaßnahmen geplant und optimiert werden können.

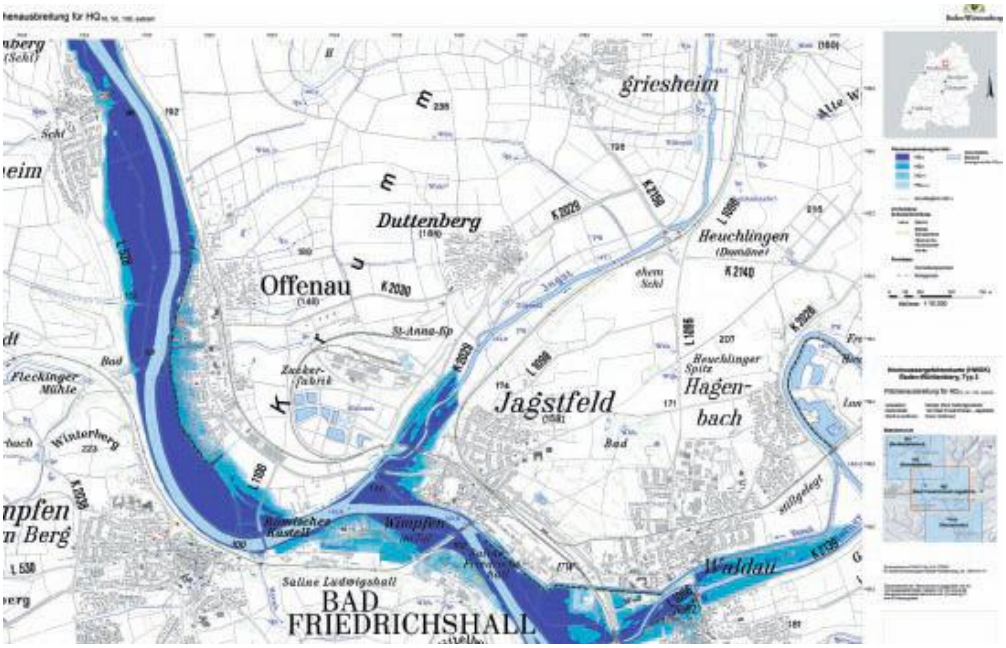


Abb. 3.5.7: Beispiel einer Hochwassergefahrenkarte – Darstellung der Flächenausbreitung der Überflutung bei HQ10 – HQ50 - HQ100- HQextrem (Maßstab 1:2.500)

Maßnahmen zum Hoch- und Niedrigwasser
Entsprechend ihrer besonderen Bedeutung betreffen die meisten dringlichen Maßnahmen die Bereiche Hoch- und Niedrigwasser.

Technischen Hochwasserschutz wirtschaftlich einsetzen

Der „Lastfall Klimaänderung“ ist seit 2005 bei Planungen von technischen Hochwasserschutz-maßnahmen mit zu untersuchen. Hierbei ist ein regionalspezifischer Zuschlag („Klimaänderungsfaktor“) zum derzeit gültigen Bemessungswert (zum Beispiel HQ100) zu berücksichtigen, dessen Höhe bei Erfordernis anzupassen ist. Je nachdem welche Konsequenzen und Mehrkosten sich dadurch für die Auslegung der Maßnahmen ergeben, ist zu entscheiden, wie der Lastfall Klimaänderung berücksichtigt wird. Wird die Klimaänderung nicht bereits beim Bau berücksichtigt, sind die Baumaßnahmen so zu konzipieren, dass sie ggf. mit geringem Bedarf nachgerüstet werden können. Flächen für potenzielle Dammerhöhungen oder Rückhalteräume sollten freigehalten werden.

Zuständigkeit: Kommunen, Land, Zweckverbände
Betroffene Akteure: Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz, Ingenieurbüros, Bevölkerung, Untere Wasserbehörde
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, hoch

Betroffene an der Festlegung der Anpassungsmaßnahmen beteiligen und informieren
Die flächendeckend vorhandenen Hochwasserpartnerschaften, ein Zusammenschluss von Kommunen, Fachverwaltungen und Institutionen innerhalb eines Einzugsgebietes, sollen sich mit den örtlichen Auswirkungen des Klimawandels und ggf. dadurch erforderlichen Anpassungsmaßnahmen befassen. Die Bevölkerung muss über ihr Hochwasserrisiko und über Vorsorgemaßnahmen aufgeklärt werden. Die gesellschaftliche Auseinandersetzung mit dem Hochwasserrisiko soll gefördert werden. Hochwassergefahrenkarten dienen hierbei als Grundlage. Durch Flächenvorsorge (d.h. Freihalten überflutungsgefährdeter Flächen), Risikovorsorge (d.h. nur angepasste Nutzungen) und Bauvorsorge (insbesondere durch Abschirmung und Abdichtung) lassen sich Schäden an Gebäuden und Gefahren für Mensch und Umwelt vermeiden. Privatleute sollten eine Elementarschadenversicherung abschließen, um die monetären Schäden einzugrenzen.

Zuständigkeit: Land, Kommune, Privatpersonen
Betroffene Akteure: Bevölkerung, Land- und Forstwirtschaft, Industrie und Gewerbe
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, hoch

Natürlichen Wasserrückhalt in der Fläche fördern
Hoch- und Niedrigwasser können durch Wasserrückhalt in der Fläche besser abgepuffert werden. Deshalb sollten wo möglich Auenflächen und naturnahe Überflutungsflächen gesichert (z.B. durch Flächenfreihaltung), gefördert und reaktiviert, soweit sinnvoll auch Dämme rückverlegt sowie Moore und Feuchtgebiete erhalten und reaktiviert werden. Durch land- und forstwirtschaftliche Maßnahmen kann der Oberflächenabfluss gemindert und die lokale Versickerung gefördert werden. Die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung trägt zur lokalen Grundwasserneubildung bei.

Zuständigkeit: Kommunen, Land, Land- und Forstwirtschaft
Betroffene Akteure: Naturschutz, Land- und Forstwirtschaft
Zeithorizont/Dringlichkeit: mittelfristig, hoch

Niedrigwasserabflüsse genauer erfassen, Vorhersagen auf kleine Einzugsgebiete erweitern
Die bestehende Niedrigwasservorhersage (Szenario in Trockenperioden: „Kein Niederschlag in den kommenden sieben Tagen“) kann durch eine genauere Erfassung von Niedrigwasserabflüssen an den Pegeln weiter verbessert werden. Eine Ausdehnung der Niedrigwasservorhersage auf besonders gefährdete Gewässer mit Einzugsgebieten kleiner 150 km² ist zu prüfen. Kritische Gewässersituationen können frühzeitiger erkannt werden. Nutzer können eventuelle Entnahme-Einschränkungen im Voraus besser einplanen.

Zuständigkeit: Land
Betroffene Akteure: Nutzer der Gewässer: Kraftwerksbetreiber, Industrie und Gewerbe, Landwirtschaft, Bevölkerung
Zeithorizont/Dringlichkeit: hoch; die Vorhersagen sind dauerhaft durchzuführen

Maßnahmen zur Siedlungsentwässerung und Trinkwasserversorgung
Auch bei der Siedlungsentwässerung und der Trinkwasserversorgung sind Anpassungsmaßnahmen zeitnah anzugehen.

Kommunales Risikomanagement „Überflutungsschutz“ umsetzen und integrierte Planungsprozesse für eine wassersensitive Stadtentwicklung etablieren
Die Bemessungsgrundlagen für Kanalnetzberechnung und Überflutungsprüfung sind ggf. den fortschreitenden Erkenntnissen anzupassen. Daher sollten die Kommunen Überflutungskarten (z.B. Überflutung durch überlastete Kanalisation) und darauf aufbauend Gefährdungsanalysen entwickeln, die die Topografie, die Siedlungs- und Freiraumstruktur sowie die Bebauungstypen berücksichtigen. Überflutungskarten zeigen die bei Starkregenereignissen überflutungsgefährdeten Bereiche. Daraus lassen sich vorsorgende Maßnahmen ableiten: von der Flächenvorsorge über die Minderung, Steuerung und Lenkung des Abflusses innerhalb der Bebauung und in Außengebieten bis hin zur Informations- und Verhaltensvorsorge. Die gesplittete Abwassergebühr trägt zur Minderung des Oberflächenabflusses und zur Erhöhung der lokalen Versickerung von Niederschlagswasser sowie zur Sensibilisierung der Bevölkerung bei.
Zu einer wassersensitiven Stadtentwicklung gehört auch die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung und Wasser als Gestaltungsmittel städtischer Freiraumplanung. Die Entwässerungsplanung sollte frühzeitig in stadtplanerische Konzepte integriert werden. Anlässe dafür könnten beispielsweise ein Stadtumbau im Bestand oder ein im Rahmen der Gefährdungsanalyse festgestelltes Überflutungsrisiko sein.
(siehe auch Kapitel 3.8.4 Stadt- und Raumplanung, Maßnahme „Durchführung von Stadtumbaumaßnahmen zur klimaangepassten Siedlungsentwicklung“)

Zuständigkeit: Kommunen
Betroffene Akteure: Aufsichtsbehörden, Stadtentwässerung, Planer, Bevölkerung, Gewerbebetriebe
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, hoch

Abwassertechnische Anlagen vor Hochwasser schützen
Bei häufigeren und stärkeren Hochwasserereignissen steigt die Überflutungsgefahr von Kläranlagen und Regenwasserentlastungsanlagen. Die Anlagen sollten daher entsprechend ihrer Gefährdungslage auf ein höheres Bemessungshochwasser ausgelegt werden (Merkblatt DWA-M 103 Hochwasserschutz für Abwasseranlagen).

Zuständigkeit: Kommunen, Land
Betroffene Akteure: Kommunen, Stadtentwässerung, Planer
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, hoch

Risiko der Versorgungsunternehmen minimieren und Versorgungsstrukturen verbessern
Wasserversorgungsunternehmen sollten eine Vulnerabilitätsanalyse hinsichtlich der zu erwartenden Klimaänderungen durchführen. Grundlage der Analyse ist eine detaillierte Erfassung, Dokumentation und Bewertung der vorhandenen Infrastruktur und Organisation sowie eine fundierte Prognose der Entwicklung des Wasserdargebots bzw. der Wasserabgabe, des Eigenverbrauchs und der Wasserverluste. Gegebenenfalls sind Strukturgutachten zur weiteren Verbesserung der Versorgungssicherheit durchzuführen. Technisch-organisatorische Verbünde und Ausbaumaßnahmen, die die Anpassungskapazität signifikant erhöhen, sind im Rahmen vorhandener Mittel vom Land zu fördern.

Zuständigkeit: Kommunen/Wasserversorgungsunternehmen, Land
Betroffene Akteure: Forschungseinrichtungen, DVGW
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig; hoch

Gewässerökologie

Naturnahe Gewässerstrukturen entwickeln und naturnahe Sukzession am Ufer fördern
Der Erhalt und die Entwicklung naturnaher Strukturen und Auenbereiche wirken ausgleichend auf das Abflussgeschehen, bieten Rückzugsräume für die Gewässerbiozönose bei Extremsituationen (z.B. Wärmebelastung bei Niedrigwasser) und beugen Erosion vor. Durch Herstellung der Durchgängigkeit der Gewässer können Gewässerlebewesen wieder in Rückzugsräume wandern und neue Abschnitte wieder besiedeln. Hierbei sollte der Feststofftransport künftig stärker berücksichtigt werden, um die negativen Folgen der Erosion auf das Abflussgeschehen zu mindern. Darüber hinaus sollte auf den Gewässerrandstreifen die naturnahe Sukzession mit beschattenden Ufergehölzen gefördert werden, um die erwartete Zunahme der Temperatur und der Globalstrahlung zu dämpfen. Zusätzlich fördert eine naturnahe Vegetation im Gewässerumfeld die Biotopvernetzung.

Zuständigkeit: Land, Kommune
Betroffene Akteure: Land- und Forstwirtschaft, Infrastruktur
Zeithorizont/Dringlichkeit: mittelfristig, hoch

Monitoring

Ausbau des Monitorings bei Fließgewässern, Grundwasser und Bodensee
Die mit dem Klimawandel einhergehenden und zu erwartenden Änderungen der Fließgewässer, des Grundwassers und des Bodensees sind langfristig und adäquat zu erfassen. Dazu sollten die bestehenden Monitoring-Systeme überprüft und bei Bedarf angepasst werden. Für das Grundwassermessnetz gilt dies insbesondere für Regionen mit bislang geringer Messstellendichte und in denen zukünftig durch den Klimawandel etwaige Probleme zu erwarten sind. Beim hydrologischen Messnetz ist die genaue Erfassung der Extreme wie Hoch- und Niedrigwasser entscheidend. Die Pegel und Messeinrichtungen sollten künftig verstärkt auch auf Niedrigwasserabflüsse ausgerichtet werden. An den automatischen Pegelmessstellen sollten zukünftig auch die Wassertemperaturen kontinuierlich mit erfasst werden. Das Klimamonitoring biologischer Systeme steht noch am Anfang. Geeignete (gewässerchemische und -biologische) Indikatoren und Strategien sind zu entwickeln. Dies gilt auch

für die Erfassung morphologisch-sedimentologischer Prozesse.

Zuständigkeit: Land:
Betroffene Akteure: IGKB (für den Bodensee)
Zeithorizont/Dringlichkeit: das Monitoring muss dauerhaft erfolgen, hoch

3.6. Tourismus

3.6.1. Eckdaten, Funktionen und Ziele

Der Tourismus hat in Baden-Württemberg eine erhebliche wirtschafts-, arbeitsmarkt- und strukturpolitische Bedeutung. 5,1 Prozent aller Erwerbstätigen sind vom Tourismus abhängig, das sind rund 280.000 an den Standort gebundene Arbeitsplätze. Besonders wichtig ist der Tourismus für die überwiegend ländlich geprägten Heilbäder und Kurorte. Er lenkt kaufkräftige Nachfrage in strukturschwächere Regionen und stärkt die dortige Wirtschaftskraft. Basis für die genannten Effekte sind touristische Bruttoprimärumsätze in Höhe von insgesamt rund 19 Mrd. Euro, von denen 54 Prozent im Tagestourismus generiert werden.

Tages-reisen	Meldepfl. Betriebe	Privat-quartiere	Touristik-camping	Dauer-camping	Freizeit-wohnen	VFR
- 441 Mio. - 10,2 Mrd. €	- 42,4 Mio. Ü. - 6,1 Mrd. €	- 12,4 Mio. Ü. - 0,95 Mrd. €	- 6,9 Mio. Ü. - 0,28 Mrd. €	- 6,3 Mio. Ü. - 0,12 Mrd. €	- 5,4 Mio. Ü. - 0,15 Mrd. €	- 54,0 Mio. Ü. - 1,1 Mrd. €
	127,4 Mio. Übernachtungen, 8,7 Mrd. €					
568,4 Mio. Aufenthaltstage, 18,9 Mrd. €						

Abb. 3.6.1: Touristische Nachfrage in Baden-Württemberg 2011 (VFR = visiting friends and relatives; Besuch von Freunden und Verwandten)

Stark nachgefragt wird der Tourismus im Schwarzwald, am Bodensee, in den Großstädten sowie den Heilbäder- und Kurorten. In den urbanen Räumen dominieren Geschäftsreisen, der Städte- und Kulturtourismus sowie der Shopping- und Eventtourismus. Im ländlichen Raum spielen der Gesundheitstourismus sowie aktivitätsorientierte Tourismusformen (Wandern, Wintersport, Radfahren) eine besonders große Rolle. Einzelne touristische Segmente sind für bestimmte Regionen besonders wichtig:

- Geschäftsreisen für die Regionen Oberrhein/Neckar und Stuttgart
- Gesundheit für den Schwarzwald und Oberschwaben
- Wandern für den Schwarzwald
- Winter für den Südschwarzwald

Regional gesehen hat der Tourismus im Südschwarzwald die höchste wirtschaftliche Bedeutung: Hier werden jährlich rund 4.200 Euro touristischer Bruttoumsatz pro Kopf der Bevölkerung erzielt.

Die Tourismusintensität (Übernachtungen pro 1000 Einwohner) ist im Schwarzwald, Allgäu, am Bodensee sowie in den Kurorten am höchsten.

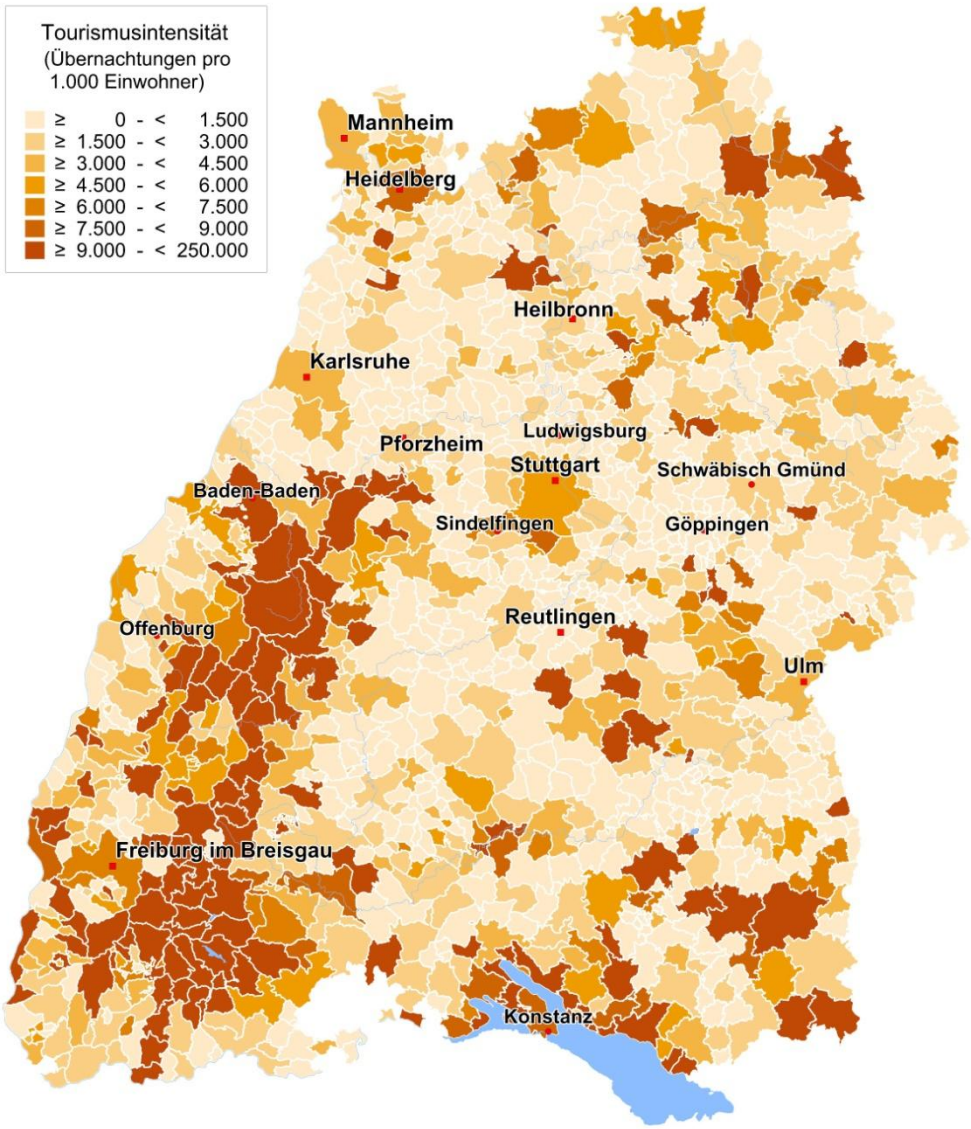


Abb.3.6.2: Tourismusintensität in den Kommunen Baden-Württembergs 2012

Der Tagestourismus findet vor allem in den Großstädten statt, aber auch Ausflüge in den Schwarzwald, auf die Schwäbische Alb und an den Bodensee sind relevant. Kurzfristige Reiseentscheidungen, insbesondere im Tagestourismus, hängen vor allem von der aktuellen Witterung ab. Die Reisenden passen sich bei ihrer Destinationswahl flexibel dem jeweiligen Wetter an. Insofern ist das Klima nur einer von zahlreichen Faktoren, die das Reiseverhalten beeinflussen. Das unterscheidet das Handlungsfeld Tourismus ganz wesentlich von anderen Bereichen.

3.6.2. Wirksame Klimafaktoren

Für die Vulnerabilitätsbewertung im Handlungsfeld sind die Temperatur und der Niederschlag die entscheidenden Parameter. Sämtliche temperaturbezogenen Parameter zeigen in den Klimaprojektionen eindeutige Tendenzen. Während mittlere Temperatur, Kühlgradtage, Sommertage, Tropentage und Tropennächte eindeutig zunehmen, nehmen Eistage, Frosttage und Heiztage eindeutig ab. Das hat unterschiedliche regionale und saisonale Auswirkungen.

Besonders bedeutsam für den Tourismus ist der projizierte Anstieg der Mittleren Tagestemperatur in der nahen Zukunft um 1,1 Grad und in der fernen Zukunft um mehr als drei Grad. Entsprechend werden in der nahen Zukunft etwa 9 und in der fernen Zukunft etwa 18 weniger Eistage erwartet. Die Frosttage sinken voraussichtlich gar um 19 (nahe Zukunft) bis 47 Tage (ferne Zukunft). Da die Temperaturverteilung abhängig von der Höhenlage ist, ergibt sich tendenziell folgendes Bild: Während momentan ab einer Höhe von 500 Meter die mittleren Januartemperaturen unter 0 Grad Celsius liegen, ist in der nahen Zukunft erst ab einer Höhe von 800 Meter damit zu rechnen. Für die ferne Zukunft verschiebt sich die Grenze gar auf circa 1400 Meter. Damit wird dem Wintersport künftig - je nach Höhenlage - stellenweise ganz die Grundlage entzogen oder die Saison verkürzt sich, da weder eine geschlossene Schneedecke vorhanden ist noch beschneit werden kann.

Um das Beschneiungspotenzial zu bewerten, wird als abgeleiteter Klimaparameter noch die Feuchtkugeltemperatur herangezogen. Das ist eine Hilfsgröße für das Beschneiungspotenzial, in deren Berechnung die Lufttemperatur und die Luftfeuchte eingehen. Dabei gilt: je trockener die Luft, desto höher kann die Temperatur sein, um eine technische Beschneiung zu ermöglichen. Die Tage mit Beschneiungspotenzial werden danach zukünftig deutlich zurückgehen und die Schneesicherheit wird abnehmen. Dies ist relevant für die Wintersportgebiete in den Hochlagen des Landes, wie folgende Karten zeigen:

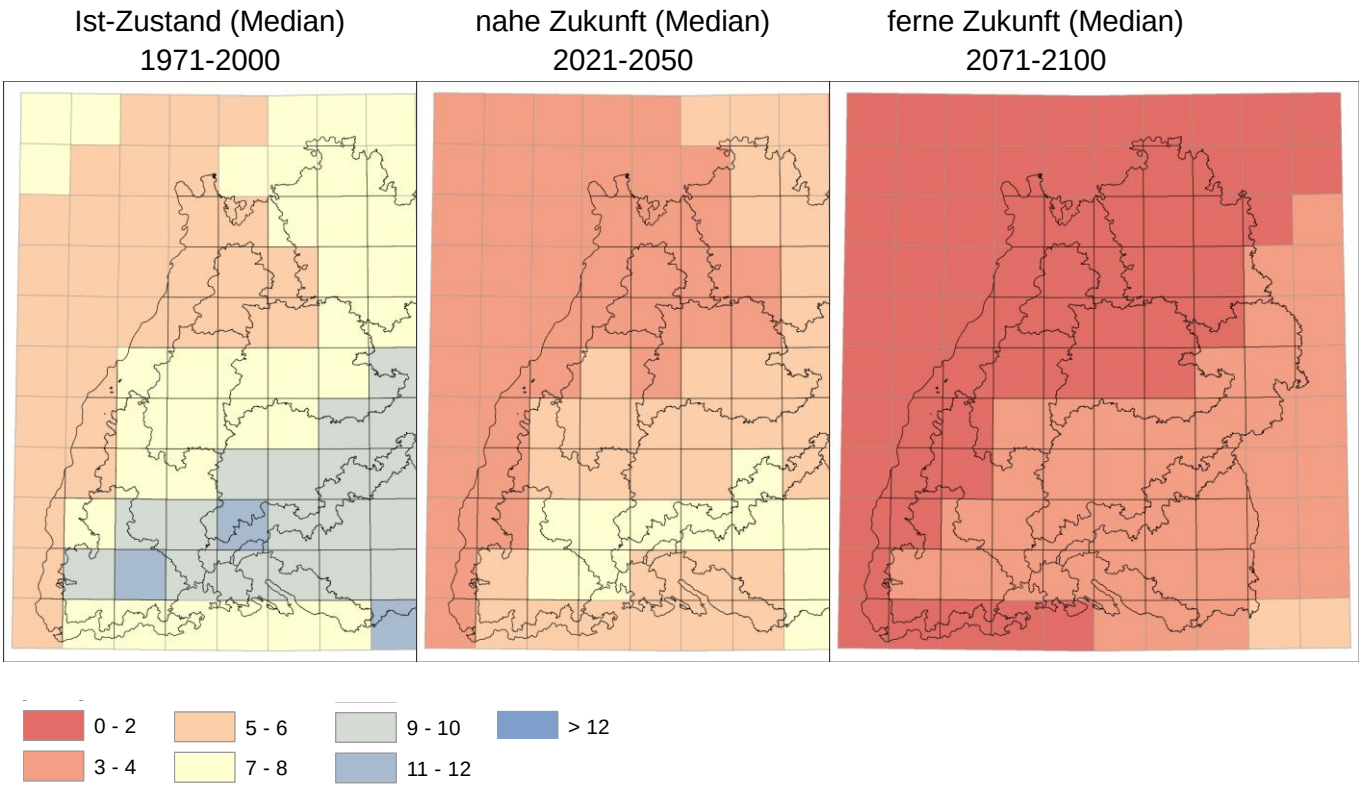


Abb. 3.6.3: Räumliche Verteilung der Tage mit Beschneiungspotenzial im Januar auf Basis einer Feuchtkugeltemperatur < -3°C (Feuchtkugeltemp. berechnet auf Basis der mittleren Tagestemp.)

Die Tage mit Beschneiungspotenzial sinken überall deutlich. In der fernen Zukunft gibt es weit verbreitet nur noch null bis zwei oder fünf bis sechs Wintertage, an denen beschneit werden kann.

Anders sieht es in den Sommermonaten aus. Dann könnten höher gelegene Orte im Schwarzwald oder der Schwäbischen Alb durch vielfältige Klimaparameter zu „Sommerfrische-Orten“ aufgewertet werden: Die mittleren Temperaturen steigen, die Zahl der Tropentage nimmt um 2,8 in der nahen und 21 in der fernen Zukunft zu und die Tropennächte steigen um einen Tag in der nahen und eine Woche in der fernen Zukunft an. Dagegen kommt es in tiefer gelegenen Orten vermehrt zu Hitzestress, was sich auf Städtereisen und Outdoor-Aktivitäten negativ auswirken dürfte. Längere Trockenperioden können die Gewässerqualität in Badeseen verschlechtern und das Landschaftsbild verschlechtern. Steigende Temperaturen werden zu einer höheren Zahl an Tagen mit Badewetter führen, dies auch in der Vor- und Nebensaison. Zu heiße Tage gibt es für den Badetourismus im Prinzip nicht. Im Herbst und Frühjahr kann der Anstieg der mittleren Temperaturen die Saison für alle Outdoor-Tourismusarten verlängern. Der Rückgang der Heiztage (Tagen unter 15 Grad) senkt die Heizkosten in allen Tourismusbetrieben, der Aufwand für Kühlung wird zunehmen.

Da die niederschlagsbezogenen Parameter deutlich schwieriger zu simulieren sind, sind die Modellergebnisse nicht ganz so aussagekräftig. Eindeutige Tendenzen gibt es jedoch im Hinblick auf eine saisonale Veränderung, vor allem für die ferne Zukunft. Die projizierte deutliche Zunahme der Winterniederschläge und eine Abnahme der Sommerniederschläge bei etwa gleichbleibenden Jahresniederschlagssummen stellt eine wichtige Grundlage zur Beur-

teilung der Vulnerabilität dar. Besonders betroffen sind die Höhenlagen des Landes wie Schwarzwald, Allgäu und Schwäbische Alb. Hier sind sowohl die höchsten Niederschlagssummen als auch die häufigsten und heftigsten Starkregen zu erwarten. Die höheren Niederschläge schaden den outdoorbezogenen Angeboten mit Ausnahme des Wintersports. In Hochschwarzwald könnten die zukünftigen um 7 (nahe) bis 16 (ferne Zukunft) Prozent steigenden Winterniederschläge deutlich mehr Schnee bedeuten und die Beschneiungsmöglichkeiten verbessern. Diese Aussage gilt nur für höhere Lagen als heute.

Der Schwarzwald ist allerdings auch von der von den Modellen erwarteten Zunahme der Höhe der Starkniederschläge (+ 4,1 in der nahen und + 12,6 Prozent in der fernen Zukunft) ganzjährig betroffen. Das gleiche gilt für das Allgäu und im Sommer für die Schwäbische Alb. In diesen Regionen ist die Gefahr, dass Extremereignisse den outdoorbezogenen Tourismusarten sowie der Infrastruktur schaden, besonders hoch.

Als Maß für die Schwüle kann der Wasserdampfdruck herangezogen werden. Hier ist für die Sommermonate eine deutliche Zunahme schwüler Tage zu erwarten. Die Schwüle spielt bei der Vulnerabilität in tieferen Lagen des Landes (Oberrheingraben, Stuttgart, Bodensee) eine wichtige Rolle. Schwüle Tage hemmen den Outdoor-Tourismus und belasten die Gesundheit. Profitieren könnten auch hier wieder die höher gelegenen Gebiete als Erholungsorte.

3.6.3. Vulnerabilität und Auswirkungen

In den folgenden Beschreibungen der Vulnerabilität werden nur die Tourismussegmente betrachtet, die für eine Region eine hervorgehobene Bedeutung haben. Beispielsweise hat das Tourismussegment Gesundheit für Oberschwaben eine hohe Bedeutung. Allein zwei Drittel der jährlichen 2,7 Millionen Übernachtungen finden in den Kurorten und Heilbädern dort statt. Mit dieser Methode werden auch auf Landesebene vergleichsweise unbedeutende Segmente, die aber für eine einzelne Region eine hohe strukturelle Bedeutung aufweisen, berücksichtigt. Dies ist der Fall, wenn Alternativen zum Tourismus bzw. der dominierenden Tourismusart nicht vorhanden oder kaum zu entwickeln sind.

Tourismussegment	Bruttoumsatz		Region									
			Süd	Mittlerer	Nord	Oberrhein/ Neckar	Bodensee/ Hegau	Ober-schwaben	Schwäbi-sche Alb	Donau	Region Stuttgart	Nördliches Bad.-Würt.
	absolut	Rang	Schwarzwald									
			Einwohner									
			331.139	485.990	551.564	3.058.908	480.138	529.130	1.349.790	308.011	2.667.766	973.265
Städte-/Kultur	2,70 Mrd. €	2										
Shopping	2,60 Mrd. €	3										
Events	1,10 Mrd. €	5										
Kulinarik	1,00 Mrd. €	6										
Geschäftsreisen	5,00 Mrd. €	1										
Gesundheit	1,60 Mrd. €	4										
Rad	0,45 Mrd. €	10										
Wandern	0,93 Mrd. €	7										
Winter	0,54 Mrd. €	9										
Strand-/Bade	0,30 Mrd. €	13										
Aktiv	0,25 Mrd. €	14										
Camping	0,37 Mrd. €	12										
Natur	0,50 Mrd. €	10										
Erlebnistourismus	0,60 Mrd. €	8										
Bedeutung				sehr hoch		hoch		mittel		gering		sehr gering

Abb. 3.6.4: Relative Bedeutung der touristischen Teilbereiche für die definierten Tourismusregionen

Von den 14 ananalysierten Tourismussegmenten wurden vier (Kulinarik, Events, Aktiv, Erlebnistourismus) nicht weiter untersucht; zwar sind diese für den Tourismus des Landes wesentlich, haben aber für einzelne Regionen des Landes keine herausgehobene ökonomische Bedeutung. Dagegen sind folgende Bereiche für eine oder mehrere Regionen wichtig.

Städte- und Kulturtourismus sowie Shoppingtourismus profitieren

Der Städte- und Kulturtourismus sowie der Shoppingtourismus könnten im Hinblick auf den Klimawandel grundsätzlich profitieren, da sich die Saison verlängert und damit die Attraktivität steigt. Die zunehmende Hitzebelastung in urbanen Räumen schreckt Ausflügler zwar vermutlich ab, kann aber wahrscheinlich durch die Saisonverlängerung im Frühjahr und Herbst kompensiert werden. Dazu kommt eine verhältnismäßig hohe Anpassungskapazität des städte-, kultur- und shoppingtouristischen Angebots.

Geschäftsreisetourismus bleibt unabhängig vom Wetter

Der Geschäftsreisetourismus wird vom Klimawandel nicht nennenswert betroffen, da die Reiseanlässe vom Wettergeschehen entkoppelt sind. Wettbewerbsfähige Tagungs- und Kongresszentren verfügen bereits heute über Klimatisierung, die auch im Hochsommer für angenehme Raumtemperaturen sorgen. Auch im Bereich der sonstigen durch Geschäftsreisende genutzten touristischen Infrastrukturen wie Verkehrsmittel und Hotellerie gibt es eine sehr hohe Anpassungskapazität.

Gesundheitstourismus eher im Plus

Der Gesundheitstourismus könnte durch den Klimawandel gestärkt werden. Da die Mehrzahl der Angebote in Räumen stattfinden, ist hier die Vulnerabilität gering. Die Outdoor-Angebote dürften von der Zunahme der Tage mit thermischer Eignung in den höheren und mittleren Lagen profitieren, da sich die Saison ausweitet. Die Erhöhung der Tage mit Hitzestress sowie das deutlich häufigere Auftreten von Schwüle in tieferen Lagen könnte die Nachfrage nach gesundheitstouristischen Aktivitäten erhöhen. Der Gesundheitstourismus ist ein Ganzjahrestourismus und kann als Zusatzangebot die negativen Auswirkungen auf den Wintersporttourismus teilweise kompensieren.

Im Bereich der Zertifizierung/Prädikatisierung (Heilklimatische Kurorte, Luftkurorte) laufen bereits Abstimmungen, inwiefern die Zertifizierungskriterien an die sich ändernden Bedingungen angepasst werden. Diese vorhandenen Prädikate sind im Gesundheitstourismus unentbehrlich.

Rad-, Wander- und Naturtourismus nehmen Kurs auf längere Saison

Als Outdoor-Aktivitäten sind Rad-, Wander- und Naturtourismus viel anfälliger als die Indoor-Aktivitäten. Nur wenige naturtouristische Angebote wie Naturinformationszentren oder Höhlen sind wetterunabhängig. Ansonsten können erhöhte Temperaturen und geringere Sommerniederschläge die Saison verlängern und die Freude an Bewegung in der Natur steigern. Eine Zunahme von Extremereignissen wie Hitzewellen und Starkniederschläge sowie Auswirkungen von Trockenperioden (Wassermangel und Landschaftsbild) können diese Zunahme wieder ausbremsen. Aufgrund der starken Höhenabhängigkeit der Temperatur sind auch innerhalb der Tourismusregionen deutliche Unterschiede zu erwarten und Verlagerungen

möglich. Höhere Lagen können von einer Saisonverlängerung profitieren, in tieferen Lagen könnte es im Hochsommer weniger Outdoor-Touristen geben. Dafür könnte sich die Nachfrage in den tieferen Lagen in die Übergangsjahreszeiten (Frühjahr/Sommer) verlagern und die Saison insgesamt verlängern.

Beim Wandertourismus ist zu erwarten, dass mehr Hitzetage im Mittelmeerraum Tourismusströme auf die Alpennordseite verlagert, deren (Mittel-) Gebirgsregionen durch ansteigende Luft- und Wassertemperaturen und geringere Sommerniederschläge eine Renaissance als Sommerfrische-Destination erleben könnten.

Wintersporttourismus extrem abhängig

Aufgrund seiner extremen Abhängigkeit von Schnee unterliegt der Wintersporttourismus einer sehr hohen Vulnerabilität. Durch die eindeutige Temperaturzunahme verschlechtern sich die Wintersportbedingungen deutlich. Dabei ist eine eindeutige Höhenabhängigkeit festzustellen. Aufgrund steigender Winterniederschläge können aber einzelne Regionen in der nahen Zukunft von zunehmenden Schneefällen profitieren. Entscheidend ist die Nullgradgrenze, deren künftige Höhenlage auf Basis der Modelldaten (räumliche Auflösung) nicht eindeutig abzuleiten ist. Für die ferne Zukunft erscheint Wintersport nur noch in den absoluten Hochlagen möglich. Die technische Beschneiung kann dem natürlichen Rückgang der Schneesicherheit nur teilweise entgegenwirken. Auch hier ist die Höhenlage der Nullgradgrenze künftig entscheidend. Unabhängig hiervon wird der Wintersporttourismus auch von der Schneelage in den Quellgebieten beeinflusst (Winteratmosphäre).

Gute Aussichten für Strand-/Badetourismus und Campingtourismus

Die zu erwartenden klimatischen Veränderungen wirken sich auf den Strand-/Badetourismus sowie den Campingtourismus prinzipiell eher positiv aus. Der Campingtourismus steht in einer engen Wechselbeziehung zum Strand- und Badetourismus. In beiden Segmenten führt die hohe Exposition und Sensivität nicht zu einer höheren Vulnerabilität, da wärmeres, trockeneres Wetter im Sommerhalbjahr Baden und Campen begünstigen. Allerdings muss noch genau untersucht werden, wie sich höhere Temperaturen im Sommer auf die Wasserqualität des Bodensees und anderer Badegewässer auswirken. Regelmäßige, flächendeckende und längerfristige Badeverbote würden dem Bade- und Campingtourismus schaden. Die zu erwartende Zunahme extremer Hitze im Mittelmeerraum könnte im Verbund mit einer wachsenden Verlässlichkeit des Sommerwetters im Südwesten dazu führen, dass künftig mehr Badetouristen in Baden-Württemberg Urlaub machen.

Fazit: In den vier Segmenten Städte- und Kulturtourismus, Shoppingtourismus, Geschäftsreise und Gesundheitstourismus gibt es eine geringe bis gar keine Vulnerabilität. Diese Bereiche dürften von den erwarteten Klimaveränderungen eher profitieren. Dagegen haben die sechs outdoorabhängigen Bereiche Rad-, Wander-, Bade-, Camping-, Natur- und Wintersporttourismus naturgemäß eine höhere Vulnerabilität und eine geringere Anpassungskapazität. Am stärksten ist der Wintersporttourismus betroffen.
Insgesamt bieten die Klimaveränderungen für die meisten touristischen Teilbereiche in Baden-Württemberg jedoch Chancen. Die Anpassungskapazität ist teilweise so hoch, dass der Begriff „Vulnerabilität“ nicht mehr zutrifft. Stattdessen handelt es sich beispielsweise beim Strand- und Badetourismus eher um eine „Stärkung“ und Sicherung. Aber auch bei allen anderen outdoorbezogenen Tourismusformen steigt mit mehr Wärme und weniger Nieder-

schlag (in der warmen Jahreszeit) das Potenzial. Für klimatische Extremsituationen bietet Baden-Württemberg aufgrund seines topografischen Potenzials ausreichend Rückzugsräume.

Regionale Vulnerabilität

Die folgenden Karten zeigen die Gesamtbewertung der Vulnerabilitätsanalyse in den Regionen. Die zusammenfassende Bewertung der Vulnerabilität wird nach folgendem Schema vorgenommen:

III	=	hohe Vulnerabilität (hohe Exposition, hohe Sensitivität, geringe Anpassungskapazität
II	=	mittlere Vulnerabilität
I	=	geringe Vulnerabilität (geringe Exposition, geringe Sensitivität, hohe Anpassungskapazität)
0	=	Bewertung (noch) nicht möglich, z.B. aufgrund fehlender oder mangelnder Datenlage

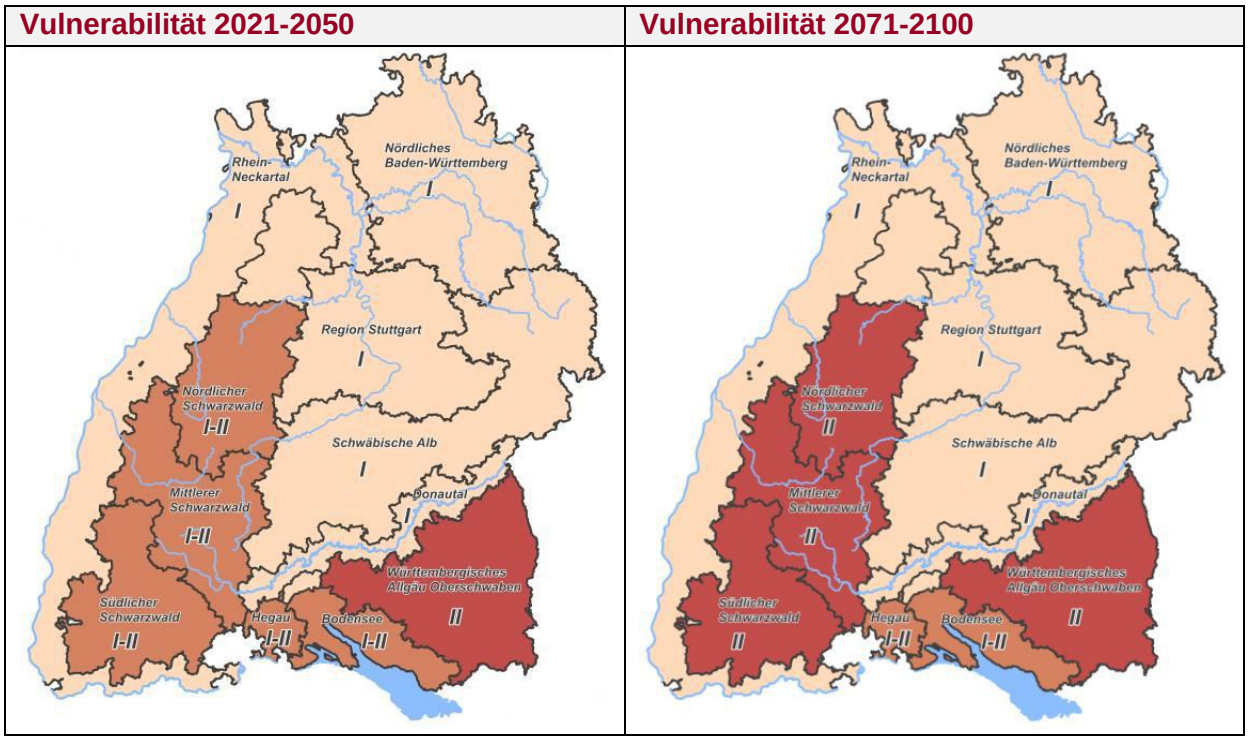


Abb. 3.6.5: Gesamtbewertung Vulnerabilität (VA) für das Handlungsfeld Tourismus

Die Bedeutung verschiedener touristischer Teilsegmente variiert in den unterschiedlichen Regionen Baden-Württembergs sehr stark. Insofern ist auch die Vulnerabilität je nach Region sehr unterschiedlich ausgeprägt. Wintersporttourismus spielt nur im Südschwarzwald und im Nordschwarzwald eine bedeutende Rolle. Der Strand- bzw. Badetourismus konzentriert sich am Bodensee. Der Campingtourismus ist vor allem am Bodensee und im Schwarzwald relevant. Der Gesundheitstourismus hat in Oberschwaben, im Schwarzwald und im nördlichen Baden-Württemberg eine besonders große Bedeutung. Der Radtourismus spielt sich primär an den Flüssen und am Bodensee ab. Wandern ist bisher vor allem im Schwarzwald relevant. Der Geschäfts-, Shopping- und Kulturtourismus beschränkt sich weitgehend auf die Städte. Durch die hohe Bedeutung des Wintersporttourismus steigt die Vulnerabilität im

Schwarzwald in der fernen Zukunft noch einmal deutlich an. Auch die Region Oberschwaben wird beim Wintersport zunehmend vulnerabel. Das lässt sich hier aber mit dem vom Klima nicht ganz so abhängigen Gesundheitstourismus und einer Saisonverlängerung im Frühjahr und Herbst wieder ausgleichen.

Handlungsdruck analysieren

Handlungsdruck ergibt sich einerseits aus Abwehr von Gefahren, andererseits aus verpassten Chancen, die sich aus dem Klimawandel ergeben. Insofern heißt „es besteht Handlungsdruck“ nicht zwangsläufig, dass dem betreffenden Segment wirtschaftliche Verluste drohen, sondern es kann auch bedeuten, dass mit einem „weiter wie bisher“ lediglich Wachstumspotenziale verschenkt würden. Der ermittelte Handlungsdruck wurde pro Segment in Beziehung zu dessen wirtschaftlicher Bedeutung gesetzt. Daraus lassen sich unmittelbar Prioritäten für Anpassungsmaßnahmen ableiten.

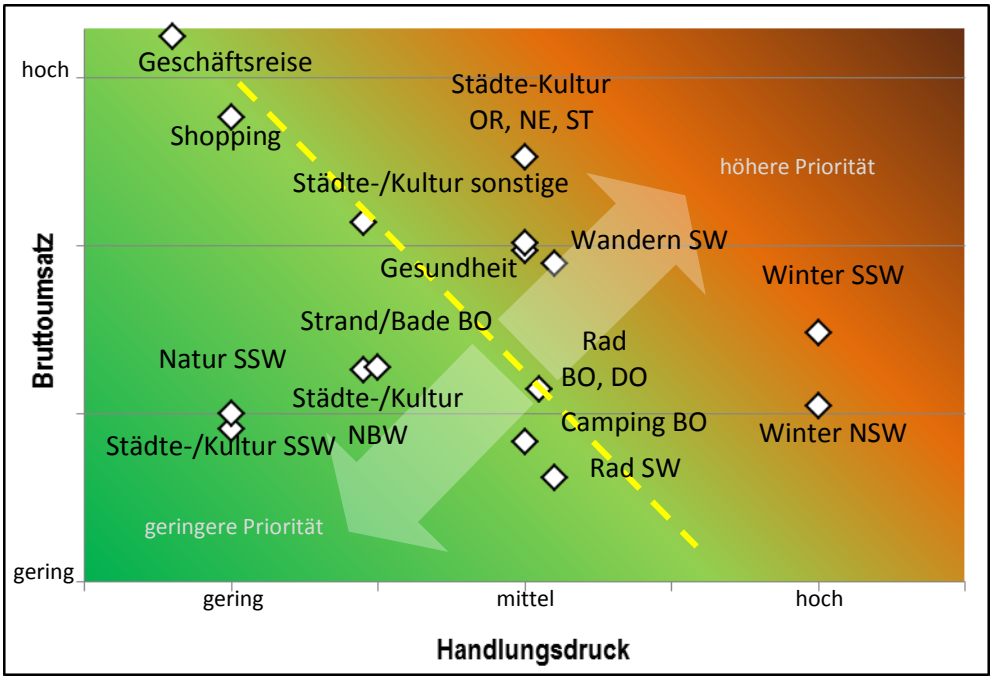


Abb. 3.6.6: Bedeutung und Handlungsdruck in den Tourismussegmenten und Regionen OR – Oberrhein, NE – Nordosten, BO – Bodensee, SW - Schwarzwald, NSW - Nordschwarzwald,
SSW – Südschwarzwald, DO – Donau, ST – Stuttgart, NBW – Nord-Württemberg)

Höchste Priorität haben demzufolge Anpassungsmaßnahmen in den folgenden Segmenten:

- Wintersporttourismus im Schwarzwald (hier stellen die zu erwartenden Klimaveränderungen eine Gefahr dar)
- Wandertourismus im Schwarzwald (in diesem Segment überwiegen die mit dem Klimawandel verbundenen Chancen)
- Städte- und Kulturtourismus im Bereich Oberrhein/Neckar und Stuttgart
- Gesundheitstourismus in ganz Baden-Württemberg
- Radtourismus an Bodensee und Donau (auch hier dominieren Chancen)

3.6.4. Anpassungsziele und Maßnahmen

Die Vulnerabilitätsanalyse zeigt, dass der Klimawandel einen bedeutsamen Einfluss auf die Entwicklung des Tourismus in Baden-Württemberg haben kann. Inwieweit der Klimawandel die Nachfrage tatsächlich beeinflusst, ist schwer abzuschätzen, da es sich um ein langfristiges Phänomen handelt. Kurzfristig beeinflussen wirtschaftliche Faktoren, gesellschaftliche Herausforderungen wie die Überalterung oder Wetterlagen die Nachfrage stärker.

Im „Tourismuskonzept Baden-Württemberg“ ist als übergeordnetes Ziel für den Tourismus formuliert: „Der Erhalt der Leistungsfähigkeit des Tourismus in Baden-Württemberg, die Steigerung der Wertschöpfung, die Sicherung bestehender und das Schaffen neuer Arbeitsplätze bei gleichzeitiger Schonung der natürlichen Grundlagen.“ Weiter heißt es: „Der Tourismus in Baden-Württemberg stützt sich auf Natur, Landschaft und Kulturerbe und strebt ein hohes Maß an Nachhaltigkeit, Umweltverträglichkeit und Klimafreundlichkeit an.“

Die Anpassung soll dazu beitragen, dass diese Zielsetzungen im Handlungsfeld Tourismus auch unter den Bedingungen des Klimawandels realisiert werden können. Dies gilt insbesondere für die Sicherung der Wertschöpfung im ländlichen Raum, aber auch in urbanen Gebieten. Durch Bereitstellung umfassender Informationen und Wissenstransfer sollten die Anpassungsfähigkeit im Tourismussektor erhöht und spontane „Fehlanpassungen“ verhindert werden. Zudem kann der Diskurs um den Klimawandel auch als Strategietreiber dienen und somit Innovationen auslösen. Dementsprechend sollten Chancen, die sich aus dem Klimawandel ergeben, genutzt werden können.

Beim Reiseverhalten ist zu beobachten, dass die Reisenden zwar etwas umweltbewusster werden, doch kaum umweltverantwortlicher handeln. Umweltereignisse bemerken sie nur, wenn sie unmittelbar betroffen sind. Hinzu kommt, dass Urlauber die eigentliche Klimaveränderung mit den eigenen Sinnen nur in wenigen Segmenten und Regionen wie zum Beispiel beim Schnee- und Tauchtourismus wahrnehmen können.

Die Folgen der Klimaveränderung sind ökonomisch zu bewerten. Es geht darum, die Kosten und Investitionen der Veränderungen mit oder ohne Anpassung abzuschätzen. Ein an den Klimawandel angepasstes Angebot ist ein wichtiger Einflussfaktor, um die regionale Wirtschaft weiterzuentwickeln.

Die Anbieter müssen sich an den Klimawandel anpassen

Generell liegt die Verantwortung für den Anpassungsprozess primär bei den Anbietern. Auf Nachfrageänderungen zu warten, führt nicht zum Ziel. Dabei müssen auch ökonomische Fragen zu Investitionen und Finanzierungskosten und deren Verteilung diskutiert werden, um den für viele Regionen so wichtigen Wertschöpfungsbeitrag des Tourismus nicht zu gefährden. Schließlich sind im Tourismus die Gewinnmargen im Vergleich zu anderen Branchen relativ gering. Ein an den Klimawandel und an wirtschaftliche und gesellschaftliche Veränderungen angepasstes touristisches Angebot sind wichtige Einflussfaktoren, um die regionale Wirtschaft weiterzuentwickeln.

Die Entwicklung der touristischen Nachfrage hängt von folgenden Klimafaktoren ab:

- Schneesicherheit: Die klimatischen Bedingungen für den Wintersport werden künftig - bis auf die höchsten Lagen – deutlich ungünstiger werden. Für tiefer gelegene Lift- und Loipen-Anlagen steigt das Risiko, unwirtschaftlich zu werden.
- Sommerfrische: Das angenehme Klima in den Mittelgebirgen steigert ihre Attraktivität in heißen Sommern. Die Mittelgebirge sind wichtige Regionen für den Tourismus und könnten als solche insbesondere im Sommer – aber auch im Frühling und Herbst – als Orte der Bergfrische profitieren.
- Chancen durch „Mediterranisierung“: Große Teile von Baden-Württemberg werden durch ein Klima mit mediterranen Zügen mit warmen Sommern für Gäste attraktiver. Nur zu heiße Sommer würden sich eher nachteilig auswirken. Für heiße Tage existieren jedoch Rückzugsräume (Rheintal – Schwarzwald, Neckartal – Alb, Bodensee – Oberschwaben, nördliches Baden-Württemberg – Odenwald). Die Seenregionen verfügen in Zukunft über wärmere, bessere Bedingungen, solange die Qualität der Badegewässer erhalten bleibt.
- Badetourismus: Die Seenregionen verfügen in Zukunft über wärmere Bedingungen. Der Badetourismus im Sommer hat daher das Potenzial für Wachstum.

Als prioritär wurden folgende Maßnahmen definiert:

Maßnahmen zur Angebotserweiterung und Produktentwicklung Die meisten Anpassungsmaßnahmen zielen darauf, das Angebot zu erweitern oder bestehende Tourismusprodukte weiterzuentwickeln.
Klimaverträgliche nachhaltige Angebote schaffen In allen Tourismusbereichen sollten nachhaltige Angebote zum naturnahen, regionalen Tourismus gestärkt und geschaffen werden. Diese klimafreundliche Tourismusform kann sich langfristig gegenüber den Fernreisen mit hohem CO_2-Fußabdruck profilieren. Für den Gast sollten sich daraus im Marketing aufgegriffene, erlebbare qualitative Angebotsverbesserungen ergeben. Der Nachhaltigkeitscheck Baden-Württemberg soll touristische Destinationen dafür sensibilisieren. In einem weiteren Schritt muss die Philosophie von den Destinationen auf die Akteure und von dort weiter zum Gast übertragen werden. *Zuständigkeit*: Land, Landkreise, Tourismusorganisationen, Kommunen *Betroffene Akteure*: Leitbetriebe, touristische Leistungsanbieter *Zeithorizont/Dringlichkeit*: mittelfristig / mittel
Radland Baden-Württemberg ausdehnen Eine bereits erfolgte Radkonferenz von MVI, MLR und Tourismus Marketing GmbH Baden-Württemberg soll zu einer Vernetzung und Weiterentwicklung der Infrastruktur und touristischen Produkte im Radtourismus beitragen. Ziel ist es, das „Radland Baden-Württemberg“ als Ganzjahres-Destination auszubauen (längere Saison, weniger Risiko). Es soll erstmalig die Kopplung aller Segmente (inklusive Unterkünfte), Regionen und Jahreszeiten stattfinden für: Tourenrad, Mountainbike, Rennrad, Elektrofahrrad, jeweils in Verbindung mit ÖPNV, Deutscher Bahn und Busgesellschaften. Regionale Radtourismusexperten könnten das Konzept voranbringen. Touristisch genutzte Wege und Alltagswege sind zusammenzudenken. Da Radwege nicht an der Ortsgrenze aufhören, müssen die zuständigen Akteure die Radwegenetze im regionalen Zusammenhang vermarkten. Für im Zuge des Klimawandels z.B. an Flussradwegen auftretende Risikofaktoren wäre eine Risiko-Analyse hilfreich.

Zuständigkeit: Land, Landkreise, Unternehmen
Betroffene Akteure: Unternehmen, Gäste
Zeithorizont/Dringlichkeit: mittelfristig / mittel

Beherbergungsbetriebe klimafit machen
Nach Angaben der DEHOGA verfügt aktuell nur ein kleiner Teil der Stadthotels über eine Klimatisierung. Die Aufenthaltsqualität in Beherbergungsbetrieben und Gebäuden mit Indoor-Angeboten (insbesondere in Städten) sollte in den Sommermonaten durch Klimatisierungs- und Dämmmaßnahmen im ganzen Gebäudebereich verbessert werden. Dabei ist auf eine klimaschonende Klimatisierung zu achten, zum Beispiel mithilfe von erneuerbaren Energien oder Blockheizkraftwerken. Auf Terrassen, Innenhöfen etc. sollte ausreichend Sonnenschutz vorhanden sein.

Zuständigkeit: Land, Tourismusorganisationen, Kommunen, Dienstleister
Betroffene Akteure: Leitbetriebe, touristische Akteure
Zeithorizont/Dringlichkeit: mittelfristig / mittel

Aufenthaltsqualität sichern und optimieren
Angesichts der zu erwartenden Zunahme von Tropentagen und Starkregen gilt es, die Aufenthaltsbereiche von Touristen im Hinblick auf Witterungsschutz zu adaptieren. Die Touristen sollten an relevanten Aufenthaltsbereichen wie öffentlichen Plätzen, Wartebereichen in Erlebnisparks aber auch auf Rad- und Wanderwegen, Stränden, Spielplätzen usw. Schutz vor starker Sonneneinstrahlung und starkem Regen finden. Diese Bereiche sollten gezielt mit schattenspendenden Elementen wie beispielsweise Bäumen und/oder technischen Strukturen wie Zeltdächern möbliert werden. Auch Sitzmöglichkeiten für ältere Gäste wären sinnvoll. Über die Verbesserung der Aufenthaltsqualität sollten die Gäste informiert werden. (siehe auch Kapitel 3.8.4 Stadt- und Raumplanung, Maßnahme „Verschattung und Kühlung im öffentlichen Raum“)

Zuständigkeit: Kommunen, Betreiber von Freizeiteinrichtungen
Betroffene Akteure: Touristische Leistungsanbieter
Zeithorizont/Dringlichkeit: langfristig / gering

Saison für Outdoor-Tourismus erweitern
Die allgemeine Erwärmung wird dazu führen, dass die outdoorbezogenen Tourismusformen zukünftig im Frühjahr früher beginnen können und im Herbst attraktiver werden. Die längere Saison muss nicht nur beworben werden, sondern die Anbieter müssen sich mit ihren Fahrplänen, Öffnungszeiten, ihrer Personalplanung etc. darauf einstellen. Gerade die bislang in einigen Tourismusregionen schwach nachgefragten Oster- und die Herbstferien werden davon profitieren und bieten das Potenzial einer zusätzlichen Saisonspitze.

Zuständigkeit: Kommunen, Betreiber von Freizeiteinrichtungen
Betroffene Akteure: Touristische Leistungsanbieter
Zeithorizont/Dringlichkeit: langfristig / gering

Strand- und Badetourismus ausbauen
Die prognostizierte Zunahme an Sommer- und Tropentagen verbessert die Bedingungen für den Strand- und Badetourismus: Zum einen für den kurzfristig an der aktuellen Wetterlage ausgerichteten Tagestourismus. Zum anderen für den länger verweilenden Strandurlauber, der Buchungssicherheit im Hinblick auf verlässlich sommerliches Wetter sucht. Eine Umlenkung von Reiseströmen aus dem Mittelmeergebiet könnte für das Land völlig neue Zielgruppen eröffnen. Dafür müssten entsprechenden Infrastrukturen wie Beherbergung und Bade-

parks - unter Berücksichtigung des Natur- und Umweltschutzes - bereitgestellt werden. Die zunehmende Infrastruktur sollte frühzeitig geplant und gesteuert werden. Das Badeangebot könnte auch mit anderen Aktivitäten, wie Wandern und Radfahren kombiniert werden.

Zuständigkeit: Tourismusorganisationen, Kommunen, Dienstleister
Betroffene Akteure: Kommunen, private Leistungsanbieter, Investoren
Zeithorizont/Dringlichkeit: langfristig / gering

Schneesport in den noch geeigneten Höhenlagen sichern
Die technologischen Fortschritte bei der Beschneiung sollten konsequent genutzt werden. Ein deutlich reduzierter Energiebedarf macht die Beschneiung umweltfreundlicher, wirtschaftlicher und ermöglicht den Start bei höheren Temperaturen. Gleichzeitig sollten CO_2-neutrale Skigebiete und Kleinliftanlagen entwickelt werden. Langfristig sollten weniger schneeabhängige Angebotsalternativen mitgedacht werden.

Zuständigkeit: Tourismusorganisationen, Kommunen, Unternehmen
Betroffene Akteure: Touristische Leistungsanbieter, Leitbetriebe, Gäste
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig / hoch

Nordic Sports (Movement) saisonunabhängig entwickeln
Entwicklung eines sportlichen Angebots, das weniger vom Wetter und von der Schneedecke abhängt. Dabei gehören Aktivitäten im Schnee nicht mehr zum Standardprogramm, sondern bieten eine außergewöhnliche Gelegenheit. Wichtig ist es, Ganzjahresaktivitäten inklusive Infrastrukturen zu schaffen sowie nordische Bewegungsformen und Lebensstile (Friluftsliv, Entschleunigung) zu ermöglichen. Auch eine Koppelung einer ausgeprägten Gesundheitsorientierung an regionale Produkte und den Klimaschutz erscheint dabei möglich.

Zuständigkeit: Tourismusorganisationen, Kommunen, Leistungsanbieter
Betroffene Akteure: Touristische Leistungsanbieter, Leitbetriebe, Hotellerie und sonstige Beherbergungsbetriebe
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig / hoch

Maßnahmen zur Kommunikation

Informationsoffensive Klima starten
Ein ortsbezogenes Informationssystem mit verschiedenen Belastungsindikationen, aktuellen Klimadaten und Belastungsfaktoren wie Ozon und Pollenflug gibt Empfehlungen für gesundheitsgerechte Aufenthalte, Bewegung und Training. Rad- und Wanderwege könnten entsprechend klassifiziert und in einem Portal mit exakter Ortsangabe visualisiert werden. Solche Informationen ermöglichen Gästen und Tourismusexperten, optimal zu planen bzw. passende Angebote zu nutzen. Wo Destinationen über Produkte oder Attraktionen einen Bezug zum Thema Klimawandel aufweisen, könnten die Gäste hierüber informiert werden (z.B. Sturmwaldweg "Lotharpfad", Erneuerbare Energien etc.). Um die Entscheidungskompetenz und Eigenverantwortung der Bürger/innen zu stärken, sollte das Land Baden-Württemberg mehr Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit zum aktuellen Stand des Klimawandels, zu den möglichen Klimafolgen und zu den sich daraus ergebenden Handlungserfordernissen und Handlungsoptionen machen. Das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz informiert mit einem Handlungsleitfaden zum Klimawandel die Tourismuswirtschaft des Landes.

Zuständigkeit: Landkreise, Tourismusorganisationen, Unternehmen
Betroffene Akteure: Touristische Leistungsanbieter, Leitbetriebe
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig / mittel

Maßnahmen zur Verminderung von Klimabelastungen
Umweltverbund fördern – Optimierung Verkehrsmanagement Erfolgreicher Klima- und Umweltschutz im Tourismus gelingt nur mit einem nachhaltigen Verkehrssystem, das umweltfreundliche Verkehrsmittel multimodal verknüpft und attraktiver als die Nutzung von Pkw und Flugzeug macht. Bausteine dafür sind ein moderner öffentlicher Verkehr, Car-Sharing, Mietwagen, Bike-Sharing, Mitfahrdienste inklusive Mobilitätsgarantien, Lieferdienste und Taxi. Dafür müssen die Voraussetzungen von der Bereitstellung von attraktiven Fußwegen über Sharing-Elektrofahrrädern bis zu kundenfreundlichen Bezahlsystemen geschaffen werden. Intelligente, intermodale Routenplaner in den Smartphones der neuesten Generation ermitteln sekundenschnell die schnellsten, kostengünstigsten und umweltschonendsten Alternativen und lotsen den Gast zu den verschiedenen Verkehrsmitteln und bieten Buchungs- und Bezahlfunktionen. In einem Pilotprojekt entwerfen und testen MLR und MVI bereits gemeinsam ein Beratungsangebot für Tourismusdestinationen, mit dem nachhaltige Mobilitätskonzepte, die den Gästebedürfnissen entsprechen, entwickelt werden. *Zuständigkeit*: Land, Tourismusorganisationen, Kommunen, Landkreise *Betroffene Akteure*: Touristische Leistungsanbieter, Leitbetriebe *Zeithorizont/Dringlichkeit*: kurzfristig

3.7. Gesundheit

3.7.1. Eckdaten, Funktionen und Ziele

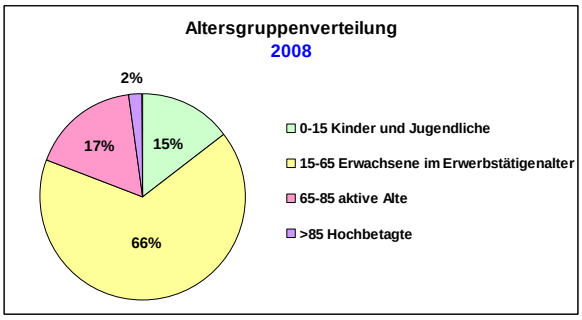
Der Klimawandel kann die menschliche Gesundheit auf unterschiedliche Weise beeinflussen: durch eine direkte Wirkung der Klimafaktoren (wie Temperatur, UV-Strahlung etc.) und durch klimabedingte Veränderungen der Umwelt, die wiederum Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen haben (wie Vektoren/Infektionskrankheiten, Allergene/Toxine). Wichtig für die Exposition der Menschen gegenüber den Klimaänderungen sind neben der Höhenlage der Orte, in denen die Menschen leben und arbeiten, auch die Siedlungsstrukturen: In großstädtischen Ansiedlungen sind die Durchschnittstemperaturen tendenziell höher, die Hitzephasen stärker ausgeprägt und die nächtliche Abkühlung geringer als in der weniger dicht besiedelten Umgebung.

Insgesamt leben in Baden-Württemberg ungefähr 2 Millionen Menschen in Großstädten. Die Verdichtungsgebiete beschränken sich im Wesentlichen auf niedere Höhenlagen im Rheintal, im Kraichgau sowie im mittleren und unteren Neckarraum. In den Höhenlagen über 500 m (Schwarzwald, Schwäbische Alb, Oberschwaben) ist die Besiedelung dünn, und es gibt fast keine großen Städte in diesen Regionen.

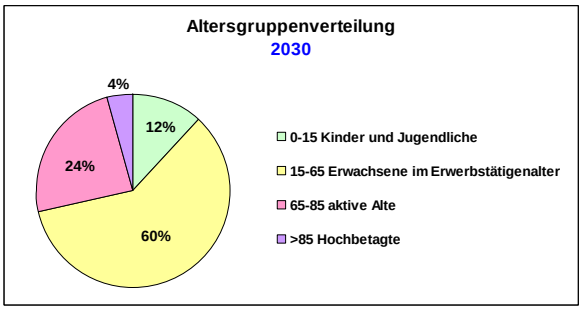
Tab. 3.7.1: Anteile der Bevölkerung an Siedlungsstrukturen
Quelle: Statistisches Landesamt BW

Siedlungsstruktur	Gliederung	Anzahl	Bevölkerung	Anteil in %
Gesamte Bevölkerung			10.748175	**100,0**
Großstädtische Bevölkerung	Städte mit >100 000 Einwohnern	9	1.999 737	**18,6**
Bevölkerung in Mittelstädten	Städte mit 40 000 bis 100 000 Einwohnern	29	1.625 707	**15,1**
Städtische Bevölkerung	Städte mit >40 000 Einwohnern	38	3.625 444	**33,7**
Ländliche Bevölkerung	Gemeinden mit <40 000 Einwohnern	1.100	7.122731	**66,3**

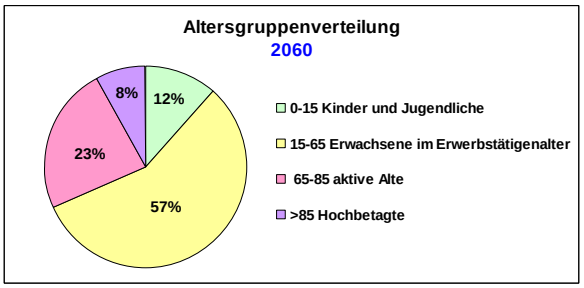
Auch der Anteil der erwerbstätig Beschäftigten und die Art ihrer Arbeit haben einen Einfluss darauf, wie stark die Menschen den Effekten des Klimawandels ausgesetzt sind. Besonders betroffen sind die Beschäftigten, die in Außenberufen arbeiten: Das sind gegenwärtig rund 400.000 Personen in Baden-Württemberg.
Da alte und chronisch kranke Menschen über eine geringere Anpassungsfähigkeit an die Umgebungstemperaturen verfügen, spielen auch die Altersstruktur und die demografische Entwicklung unserer Gesellschaft eine wichtige Rolle für die Wirkungen des Klimas auf unserer Gesundheit. Durch den demografischen Wandel wird bis zum Jahr 2060 die Gruppe der älteren Menschen in Relation zur Gesamtbevölkerung deutlich stärker vertreten sein.



Graphik 1



Graphik 2



Graphik 3

Abb. 3.7.1: Altersgruppenverteilung in der Bevölkerung 2008, 2030 und 2060 nach Daten des Statistischen Landesamtes BW

Der Anteil der „aktiven Alten“ (65-85 Jahre) steigt von heute 17 Prozent auf 23 Prozent und der Anteil der Hochbetagten (über 85 Jahre) vervierfacht sich von heute 2 auf 8 Prozent. Gleichzeitig sinkt der Anteil der Menschen im erwerbsfähigen Alter von heute 66 auf 57 Prozent. Vor allem langfristig angelegte Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel müssen die zu erwartenden Veränderungen in der Altersstruktur der Bevölkerung berücksichtigen.

3.7.2. Wirksame Klimafaktoren

Die wichtigsten unmittelbar wirksamen Klimafaktoren im Handlungsfeld „Gesundheit“ sind der allgemeine Temperaturanstieg, das vermehrte Auftreten von Hitzephasen und die Zunahme von Extremwetterlagen. Insbesondere in stark versiegelten Stadtgebieten kann es zu stärkeren Temperaturanstiegen und damit verbundenen Hitzephasen kommen, die häufig mit einer geringeren nächtlichen Abkühlung verbunden sind. In Abhängigkeit von der Stadtgröße, der Bevölkerungsdichte und Oberflächenstruktur (Versiegelung bzw. Grünflächen) können sich städtische Hitzeinseln mit besonderen Belastungsschwerpunkten bilden. In der fernen Zukunft wird sich die Anzahl der Tropentage in Baden-Württemberg mehr als verdoppeln und auch die Zahl der Tropennächte mit Temperaturminima von über 20°C wird zunehmen. Im stark verdichteten Stuttgarter Raum ist für das 85. Perzentil der Tropentage in der nahen Zukunft eine Zunahme von gegenwärtig 20 Tagen auf 32 Tage und in der fernen Zukunft auf 52 Tage zu erwarten. In den noch heißeren Gebieten des Rheintals steigt die Zahl der Tropentage noch stärker an.

Die UV-Strahlung als Klimafaktor wird stark durch die Konzentration des stratosphärischen Ozons beeinflusst. Wegen der dünner werdenden Ozonschicht ist mit erhöhter UV-B-Strahlung zu rechnen. Menschen, die im Freien arbeiten oder dort ihre Freizeit verbringen, sind in besonderem Maße davon betroffen. Verstärkend wirkt, dass sich die Menschen bei

steigenden Temperaturen in ihrer Freizeit mehr im Freien aufhalten und dabei der Sonnenstrahlung stärker ausgesetzt sind.

Mittelbare Folge des Klimawandels sind eine Verlängerung der Vegetationsperiode und Einflüsse auf die vorhandene Fauna und Flora. In diesem Zusammenhang ändern sich auch die Populationsdichte und die Verbreitungsgebiete der Krankheitserreger übertragenden Organismen (Vektoren). Für das Überleben solcher Vektoren sind neben dem Anstieg der Temperaturen auch die Niederschlagsmengen und die Zahl der Frosttage von Bedeutung. Durch die Klimaerwärmung ist beispielsweise mit einer Zunahme und weiteren Verbreitung von Arthropoden (Gliederfüßer) und Nagetieren zu rechnen.

Darüberhinaus erhalten viele Pflanzen- und Tierarten, die giftig sind oder Allergien auslösen können, durch den Klimawandel bessere Lebensbedingungen. So gibt es bei Pflanzen eine Reihe von Neophyten, das heißt bei uns nicht heimische eingewanderte Arten, die sich durch den Temperaturanstieg weiter verbreiten. Höhere Temperaturen können zudem die Pollenflugzeit verlängern.

Im Zuge des Klimawandels kann es auch zu Veränderungen in der Konzentration von lufthygienisch relevanten Komponenten wie Ozon, Feinstaub oder Stickoxiden in der Atmosphäre kommen. Dabei fördern Temperaturerhöhungen tendenziell die Bildung von bodennahem Ozon und die Freisetzung flüchtiger biogener Kohlenwasserstoffe – beispielsweise aus Wäldern. Generell hängt die Konzentration lufthygienisch relevanter Komponenten aber entscheidend von den zukünftig genutzten Maßnahmen und Technologien zur Luftreinhaltung ab.

3.7.3. Vulnerabilität und Auswirkungen

Je nach Lebensumständen, persönlichen Veranlagungen und Alter reagieren die Menschen unterschiedlich empfindlich auf Klimaänderungen. Erhöhte Temperaturen und häufigere Hitzephasen haben dabei die größte Bedeutung in Bezug auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit.

Temperaturanstieg und Hitzephasen belasten den Menschen

Der gesunde menschliche Organismus kann sich grundsätzlich an eine Umgebung mit dauerhaft hohen Temperaturen anpassen. Diese Hitzeakklimatisation ist bei Temperaturen höher als 25°C bis 30°C möglich. Die physiologische Thermoregulation und Hitzeanpassung gelten jedoch vor allem für den gesunden und jüngeren Organismus. Bei alten Menschen sind diese Mechanismen nur eingeschränkt wirksam. Die Zahl der Schweißdrüsen geht mit zunehmendem Alter zurück und die Dichte der Arterien und Venen in der Haut verringert sich. Damit reduziert sich auch die Möglichkeit der Thermoregulation über den Blutkreislauf. Die zusätzliche Belastung des Herz-Kreislauf-Systems bei körperlicher Anstrengung und hoher Umgebungstemperatur führt den alten Menschen schnell an die Grenzen seiner Belastbarkeit. Ähnliches gilt für chronisch kranke Menschen, besonders wenn Herz-Kreislauf-Erkrankungen vorliegen.

Untersuchungen zur thermischen Belastung der Umwelt bei Hitzeperioden auf die Gesundheit der Bevölkerung zeigen eindrücklich, wie die Sterblichkeit der Bevölkerung mit dem Anstieg der „gefühlten Temperatur“ rapide ansteigt. So kam es im Hitzesommer 2003 zu schät-

zungsweise 1.100 hitzebedingten Sterbefälle in Baden-Württemberg. In den Pflegeheimen des Landes fielen in der ersten Augusthälfte etwa 300 Menschen der Hitzewelle zum Opfer. Nach einer Studie von Gerstengarbe et al. (2005) ist damit zu rechnen, dass sich in Baden-Württemberg die Verwundbarkeit gegenüber Wärmebelastung im Zukunftsszenarium (2001-2055) im Vergleich zum Basisszenarium (1951-2000) um rund 20 Prozent erhöht. Nach diesen Ergebnissen ist zukünftig landesweit mit jährlich 180 bis 400 zusätzlichen hitzebedingten Todesfällen zu rechnen.

Für die Planung von Anpassungsstrategien im Sinne einer gesundheitlichen Vorsorge sind nicht nur die mittleren Temperaturwerte von Bedeutung, sondern vor allem auch die eventuell zu erwartenden extremen Wärmebelastungen (85. Perzentil der Klimaprojektionen). Gerade diese Spitzenbelastungen könnten ausgeprägte gesundheitliche Folgen haben. An Tagen mit leichter Wärmebelastung sterben im Mittel circa 1 Prozent mehr Menschen als im Durchschnitt erwartet, bei mäßiger Wärmebelastung steigt diese zusätzliche Sterberate auf 6 Prozent und bei starker Belastung auf über 13 Prozent. Insgesamt ist deshalb von einer hohen Vulnerabilität bezüglich der hitzebedingten Sterblichkeit auszugehen.

Jenseits der hitzebedingten Morbidität und Mortalität hängen auch die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit von der Temperatur und der Feuchte der Umgebungsluft ab. Bei einem Anstieg der „Gefühlten Temperatur“ auf über 25°C verringert sich die mentale Leistungsfähigkeit. Auch die körperliche Leistungsfähigkeit nimmt mit steigender Umgebungstemperatur grundsätzlich ab.

Das Unfallrisiko ist am geringsten bei Temperaturen um 20°C. Diesseits und jenseits dieses Optimums nimmt es zu. Gleichzeitig können der Anstieg der Durchschnittstemperaturen und die Verringerung der Frost- und Eistage im Winterhalbjahr bei Berufstätigen im Freien tendenziell zu einer Steigerung der Leistungsfähigkeit führen.

Fazit: Der menschliche Organismus verfügt zwar über leistungsfähige Thermoregulations-Mechanismen, aber übermäßige thermische Belastung kann zu akuten gesundheitlichen Folgen wie beispielsweise Herz-Kreislauf-Insuffizienzen führen. Besonders betroffen sind ältere Menschen über 75 Jahre, Kleinkinder unter fünf Jahren, chronisch Kranke, Konsumenten von Alkohol und psychoaktiv wirkenden Drogen sowie sozial isoliert und in Armut lebende Personen. Insgesamt ist die durch Hitzestress bedingte Vulnerabilität des Menschen als hoch anzusehen. Insbesondere in Verdichtungsräumen mit wenigen Grünflächen ist mit einer hohen Gesundheitsbelastung durch steigende Temperaturen zu rechnen. Auch in den Nicht-Risiko-Gruppen führen erhöhte Temperaturen zu einer zusätzlichen Belastung des Herz-Kreislauf-Systems und damit zu einer verminderten körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit.

Vektoren und Infektionskrankheiten nehmen zu

Wärmeres Klima fördert grundsätzlich das Überleben und die Ausbreitung von Krankheiten übertragenden Vektoren und ihrer Wirte. Stechmücken und Zecken können beim Blutsaugen an befallenen Wildtieren (Nagetieren, Igel, Hasen, Hirsche und andere) aufgenommene Krankheitserreger auf den Menschen übertragen. In manchen Fällen führt der bloße Kontakt mit infizierten Tieren (Mäuse, Hasen, Ratten) oder deren Ausscheidungen zur Infektion. Bedroht sind überwiegend Personen, die sich beruflich oder in der Freizeit viel im Freien aufhalten.

In den vergangenen zwei Jahrzehnten konnten sich Zecken wie der Gemeine Holzbock (Ixodes ricinus) als sichtbare Folge der bisherigen Klimaerwärmung weiter nach Norden und in höhere Lagen ausbreiten. Damit steigt generell das Risiko für die Übertragung der für den Menschen gefährlichen Lyme-Borreliose und der Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME).

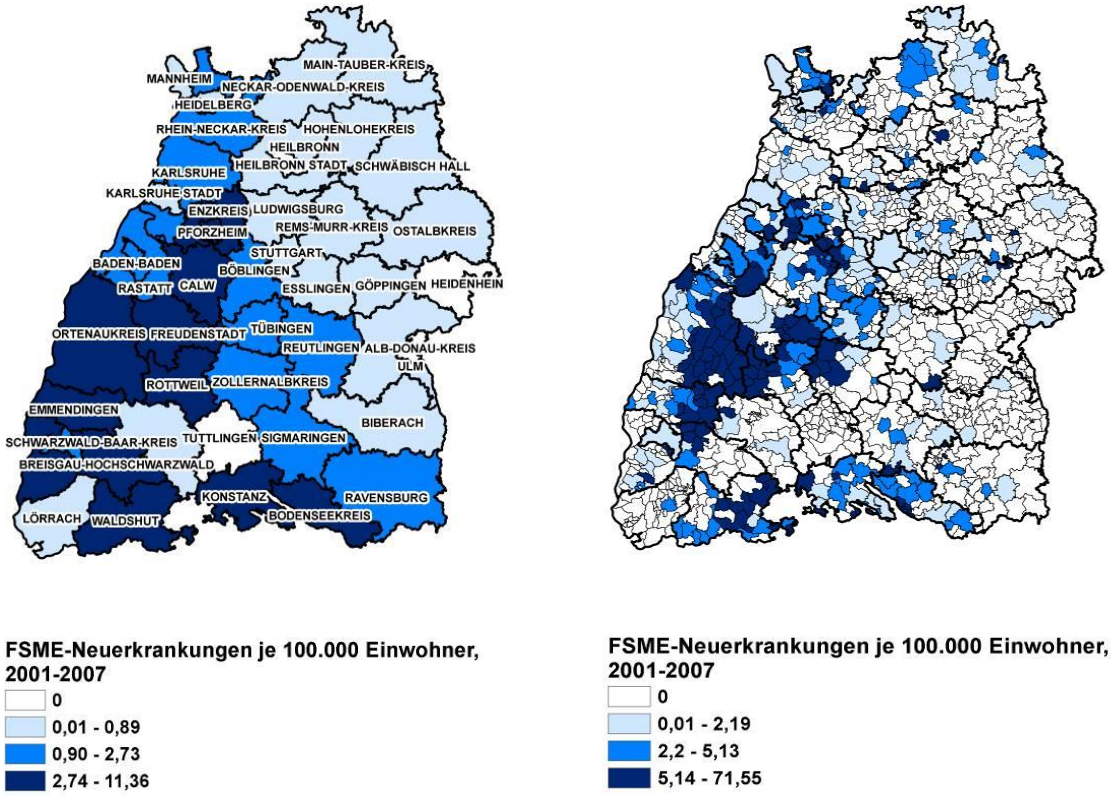


Abb. 3.7.2: Darstellung der FSME-Inzidenzen (2001-2007) auf Landkreis-(Graphik1) und Gemeinde-ebene (Graphik 2) auf Grundlage der gemeldeten FSME-Fälle der Jahre 2001-2007 (Schick 2009)

Auch wärmeliebende und trockenheitsverträgliche Schildzecken wie die Auwaldzecke (Dermacentor reticulatus) und die Schafzecke (Dermacentor marginatus) haben in den letzten 10 bis 15 Jahren in den wärmebegünstigten südwestlichen Teilen Baden-Württembergs (z.B. oberrheinische Tiefebene) deutlich zugenommen. Inzwischen gibt es fast keinen Landkreis in Baden-Württemberg mehr, in dem keine durch Zecken übertragenen FSME-Fälle gemeldet wurden.

Von Zecken übertragene Krankheiten
Die **Lyme-Borreliose** ist die häufigste von Zecken bei der Blutmahlzeit auf den Menschen übertragene Infektionskrankheit in der nördlichen Hemisphäre. Die Infektion ist mit Antibiotika gut zu behandeln, wenn sie früh erkannt wird. Allerdings sind in den späteren Stadien der Infektion schwere Schäden der Haut, der Gelenke und des Nervensystems zu beobachten, die irreversibel sein können. Gegenwärtig wird in Mitteleuropa von 60-130 Erkrankungen pro 100.000 Einwohner pro Jahr ausgegangen. Dies würden etwa 40.000-90.000 Neuerkrankungen pro Jahr bedeuten.
Bei dem Auftreten der **FSME**-Infektionen ist ein deutliches Nord-Süd-Gefälle zu erkennen. Fast 80 Prozent der Infektionen in Deutschland werden in Bayern und Baden-Württemberg gemeldet. Der Krankheitsverlauf ist bei Kindern milder als bei Erwachsenen, obgleich in einer schwedischen Studie bei an FSME-erkrankten Kindern durchaus schwer wiegende Symptome wie Müdigkeit und Konzentrationsschwäche beschrieben wurden.

Während es sich bei den meisten von Zecken und Nagetieren übertragenen Krankheitserregern in Baden-Württemberg um hier heimische Pathogene handelt, übertragen Mücken überwiegend importierte vektorassoziierte Infektionserreger, deren Quellen der Tourismus und der globalisierte Handel sind.

Ein neuer, aus wärmeren Regionen der Erde in Oberitalien eingeschleppter Vektor breitet sich derzeit in der Oberrheinebene aus: die Asiatische Tigermücke (Stegomyia albopicta, früher Aedes albopictus). Damit steigt das Risiko der durch sie übertragenen tropischen Virusinfektionen (Chikungunya- und Denguefieber) auch in unseren Breiten.

Zu den wichtigsten Infektionskrankheiten in Europa gehören die durch Lebensmittel übertragenen Erkrankungen. Rund 25 Prozent der Bevölkerung erkranken in entwickelten Ländern einmal pro Jahr an einer solchen Lebensmittel-Infektion mit sehr unterschiedlich schwerem Krankheitsverlauf. Ein besonderes Risiko tragen Säuglinge und Kleinkinder bis fünf Jahre, alte Menschen (insbesondere wenn ihre Abwehrkräfte geschwächt sind), Schwangere und Menschen, deren Abwehrkräfte durch Vorerkrankung oder Medikamenteneinnahme geschwächt sind. Da höhere Umgebungstemperaturen das Wachstum von Mikroorganismen begünstigen, kann erwartet werden, dass steigende Temperaturen und verändertes Freizeitverhalten im Sommer zu vermehrten lebensmittelbedingten Infektionen führen werden.

Fazit: Mit zunehmender Erwärmung ist damit zu rechnen, dass die Zahl der durch Vektoren (z.B. Zecken oder Stechmücken) übertragenen Erkrankungen ansteigt. Das Risiko eines Kontakts mit einem Vektor kann durch den Aufenthalt in der Natur zusätzlich erhöht werden. Auch lebensmittelrelevante Krankheitserreger profitieren vom Klimawandel und können sich in unsachgemäß behandelten und aufbewahrten Lebensmitteln besser vermehren.

Allergene und Toxine

Zunehmende Temperaturen und eine Verlängerung der Vegetationsperiode sowie Extremniederschläge mit Überschwemmungen begünstigen die Ausbreitung einiger wärmeliebender Pflanzen und Tiere, die allergische oder toxische Reaktionen bei Mensch und Tier hervorrufen können.

Wärmeliebende Pflanzen wie die hierzulande schon auftretende Beifuß-Ambrosie (Ambrosia artemisiifolia) können sich neu in Baden-Württemberg ansiedeln und verbreiten. Aufgrund ihres starken allergenen Potenzials ist zu erwarten, dass die Zahl der gegen Ambrosia sensibilisierten Menschen zunehmen wird. Gegenwärtig weisen etwa 1 bis 2 Prozent der Erwachsenen und rund 3 Prozent der Kinder eine spezifische Sensibilisierung gegen Ambrosia-Proteine auf. In Ungarn sind 15 Jahre nach der Ambrosia-Etablierung in stark von Ambrosia besiedelten Gebieten rund 70 Prozent der Allergiker gegenüber der Ambrosia sensibilisiert. Sofern sich bei uns die Etablierung und Ausbreitung von Ambrosia in ähnlicher Weise vollzieht wie in Ungarn, ist auch hier mit einer ähnlich hohen Sensibilisierungsrate zu rechnen.

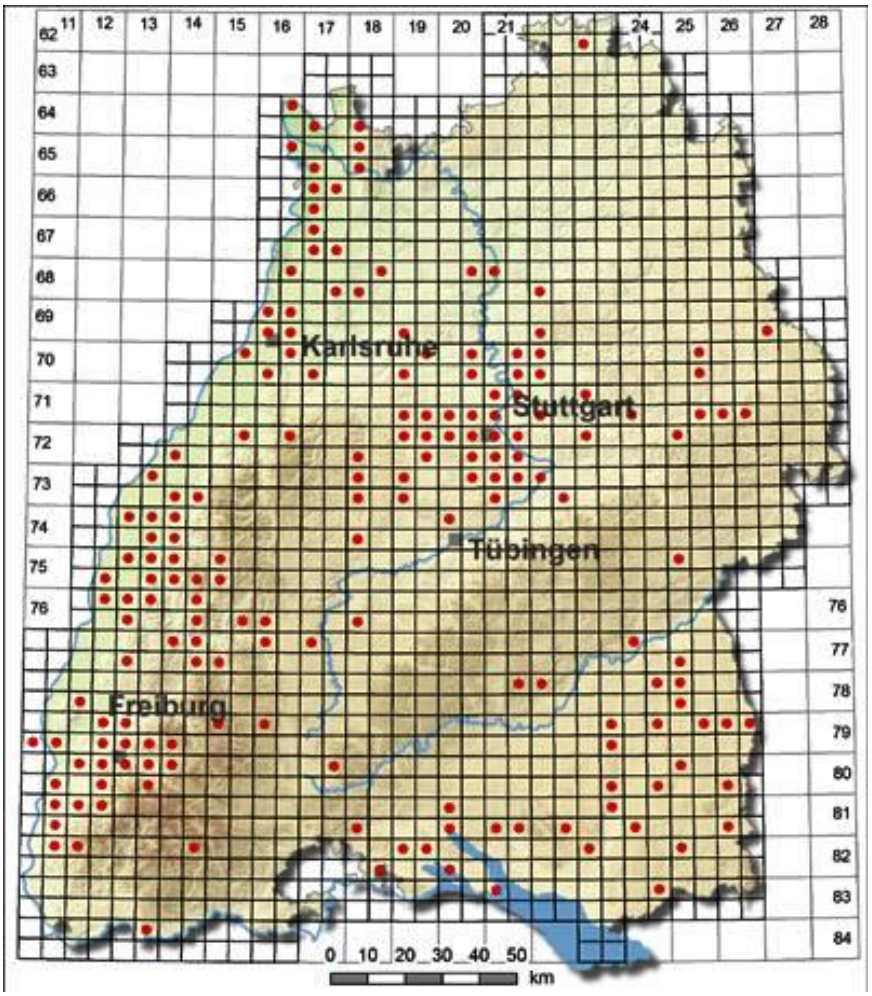


Abb. 3.7.3: Nachweise für Ambrosia artemisiifolia in Baden-Württemberg (1986-2007) Berücksichtigt wurden Nachweise in Gärten und Neubaugebieten, städtischen Grünanlagen, an Verkehrswegen (Straßen, Bahnlinien, Häfen) sowie in der freien Landschaft. Grundlage TK 1:25.000
Quellen: B. Alberternst & S. Nawrath, Th. Breunig, H. Heuer, LUBW

Der Klimawandel erhöht zudem die Möglichkeit eines Kontakts mit giftigen Pflanzen und Tieren. Einige unter bestimmten Wetterbedingungen gehäuft auftretende Spinnerraupen wie beispielsweise der Eichenprozessionsspinner verdienen dabei besondere Beachtung. Ihre freigesetzten Brennhaare können in ihrer näheren Umgebung lang anhaltende heftige Hautreizungen auslösen. Der Eichenprozessionsspinner hat sukzessive den größten Teil Baden-Württembergs mit Ausnahme höher gelegener Regionen des Raums Schwarzwald-Baar-Heuberg / Alb / Oberschwaben / Westallgäu erfasst, was sich auch weitgehend mit dem Verbreitungsgebiet der Eiche deckt.

Abb. 3.7.4: Ausbreitung des Eichenprozessionsspinners (nach Meldungen der Waldschutz-Dienststellen - Abb. aus Petercord 2008). Seit 2007 hat sich das Verbreitungsgebiet nicht mehr wesentlich erweitert. Zusätzlich wurden 2005 einzelne Anfragen bei den Gesundheitsämtern Rottweil, Schwarzwald-Baar-Kreis und Biberach verzeichnet (unveröffentlichte Erhebung des Ministeriums für Arbeit und Soziales BW).

Fazit: Die Klimaveränderung begünstigt die Ausbreitung einiger wärmeliebender Pflanzen und Tiere, die allergische oder toxische Reaktionen beim Menschen auslösen können. Die verlängerte Vegetationsperiode führt zu einer verlängerten Allergenexposition und erhöht zusätzlich das Risiko für sensibilisierte Personengruppen.

Luftschadstoffe

Ozon, Feinstäube und Stickoxide führen konzentrationsabhängig zu Entzündungen der Atemwege und zu einer Einschränkung der Lungenfunktion. Neben der Wirkung auf die Schleimhäute der Atemwege und Augen sind aber auch Wirkungen auf das Herz-Kreislauf-System von Bedeutung.

Von erhöhten Konzentrationen sind Allergiker und Personen mit chronischen Atemwegerkrankungen besonders betroffen. Weitere besonders vulnerable Bevölkerungsgruppen sind Sporttreibende und Arbeiter im Freien bei entsprechenden Hochdruck-Wetterlagen im Sommer sowie ältere Menschen.

Allerdings ist das Ausmaß des Klimawandels auf die gesundheitlichen Wirkungen von Ozon, Feinstäuben und Stickoxiden nur schwer abzuschätzen, da die Konzentration in der Troposphäre stark von menschlichen Aktivitäten beeinflusst wird. In Abhängigkeit von der technischen Entwicklung und den Maßnahmen zur Luftreinhaltung sind sowohl eine Zunahme als auch eine Abnahme der Ozonkonzentration in der Zukunft denkbar. Ob die ansteigenden Temperaturen und verstärkte Dämmung von Gebäuden zu einem Rückgang von verbrennungsbedingten Emissionen von Feinstäuben und Stickoxiden oder einem, eventuell auch nur vorübergehenden Anstieg führen, kann derzeit nicht vorhergesagt werden. Beim Verkehr ist nur im Falle weiterer großer Anstrengungen im Antriebsstrang und zunehmender Änderungen in der Art der Motorisierung (z. B. Elektromobilität) sowie des Mobilitätsverhaltens (Stärkung von Rad- und Fußverkehr sowie ÖPNV) mit einem Rückgang von verbrennungsbedingten Emissionen von Feinstäuben und Stickoxiden zu rechnen. Quantitative Aussagen im Hinblick auf die Bedeutung für die menschliche Gesundheit sind deshalb gegenwärtig nicht möglich.

Fazit: Da das Auftreten von Luftschadstoffen wie Ozon, Stickoxiden, Feinstäuben nicht nur von klimatischen Faktoren sondern in starkem Maße von der Entwicklung der anthropogenen Emissionsquellen abhängt, ist das Ausmaß des Klimawandels auf deren gesundheitliche Wirkungen nur schwer abschätzbar.

UV-Strahlung

Innerhalb von Deutschland ist die Sonneneinstrahlung im Allgäu und im Südschwarzwald am höchsten und hat daher als direkt wirkender Klimafaktor für Baden-Württemberg eine große Bedeutung. Menschen, die sich aus privaten oder beruflichen Gründen im Freien aufhalten, sind den UV-Strahlen verstärkt ausgesetzt. Auch Kleinkinder stellen eine Risikogruppe dar, da in ihrer Haut die Schutzmechanismen gegenüber UV-Strahlung noch gering entwickelt sind.

Generell werden die höheren Durchschnittstemperaturen den Aufenthalt im Freien fördern und damit die Hautexposition gegenüber der UV-Strahlung und die gesundheitlichen Risiken erhöhen. So verdoppelt sich das Risiko des nicht-melanomen Weißen Hautkrebses, wenn die Strahlungsexposition um 40 Prozent zunimmt.

Beschäftigte in Außenberufen werden je nach Tätigkeit im Vergleich zu Beschäftigten im Innenbereich um ein Mehrfaches an UV-Strahlung belastet. Wegen der langen Latenzzeiten zwischen erstmaliger Exposition und der Manifestation eines Hautkrebses wird die Gefahr häufig unterschätzt. Präventionsmaßnahmen sind wegen dieser Latenzzeit besonders vordringlich.

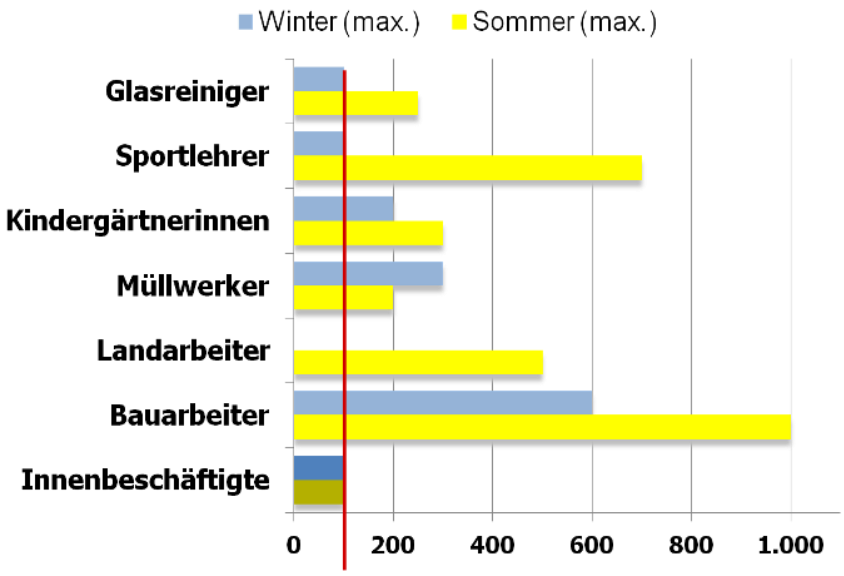


Abb. 3.7.5: Durchschnittliche UV-Exposition von Beschäftigten im Freien Relativwerte in Prozent (Innenbeschäftigte = 100%), Quelle: KNUSCHKE et al, BAuA Fb 1777 (2007)

Fazit: Die UV-Strahlung kann in Zukunft – ohne direkte Abhängigkeit vom Klimawandel – wegen der Veränderung der stratosphärischen Ozon-Konzentration ansteigen. In jedem Fall ist wegen des klimabedingt zu erwartenden veränderten Freizeitverhaltens mit einer stärkeren UV-Exposition der Menschen zu rechnen. Vor allem bei Beschäftigten in Außenberufen muss bei länger andauernder Exposition mit einer Zunahme von Hautkrebs gerechnet werden.

3.7.4. Anpassungsziele und Maßnahmen

Anpassungsmaßnahmen sind vor allem dort notwendig, wo die Vulnerabilität groß ist bzw. dort, wo viele Menschen von den Folgen des Klimawandels negativ betroffen sind. Weil Gesundheit ein übergeordnetes Ziel darstellt, betreffen mögliche Anpassungsmaßnahmen nicht nur bestimmte Risikogruppen, sondern große Teile der Bevölkerung. Daraus folgt, dass es in unterschiedlichen Handlungsfeldern Maßnahmen mit Bezug zum Querschnittsthema Gesundheit gibt.

Maßnahmen zur Minderung thermischer Belastung Vor allem bei Älteren, Kleinkindern und chronisch Kranken kann Hitze zu starken Belastungen des Herz-Kreislaufsystems führen.
Hitzeberatung „HeatScout“ einrichten In großstädtischen Verdichtungsgebieten sollte eine kommunale Einrichtung („HeatScout“) zur Information, praktischen Unterstützung und Hilfe für vulnerable Personengruppen geschaffen werden. Diese interkulturell kompetente Anlaufstelle gewährt Individuen und Familien schnelle Hilfe bei hitzebedingten Problemen und akuten gesundheitlichen oder materiellen Notfällen. Diese quartiersbezogene Vertrauensstelle kann im Rahmen anderer Programme (z.B. „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 inkludieren

Zuständigkeit: Kommunen, Öffentlicher Gesundheitsdienst, Soziale Dienste
Betroffene Akteure: vulnerable Bevölkerungsgruppen in Großstädten
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurz- bis mittelfristig, niedrige Dringlichkeit

„Kühlstuben“ (Hitzeentlastungsräume) einrichten

Während Hitzeepisoden werden klimatisierte Innenräume speziell in Innenstädten zur Verfügung gestellt, die besonders ältere Menschen nutzen können, um sich dort vom Hitzestress erholen, abkühlen und erfrischen zu können. Dies könnten öffentliche Einrichtungen speziell für bedürftige und ältere Menschen anbieten und mit einer medizinischen Hilfeleistung oder Beratung verknüpfen (Seniorenzentrum). Wegweiser führen zu den Einrichtungen. Sinnvoll wäre zudem, wenn es für große Kaufhäuser die Regel werden würde, einen solchen Raum als Ruheraum kostenlos (ohne Konsumzwang) für alle Menschen anzubieten. Dies könnte durch Kampagnen vergleichbar mit der „netten Toilette“ gefördert werden. Auch Vermieter könnten ggf. bisher weitgehend ungenutzte Räume anbieten. Zu einer weiteren Hitzeentlastung können zusätzliche Kühlungsmaßnahmen (z. B. Kühlwesten) beitragen.

Zuständigkeit: Stadtverwaltungen
Betroffene Akteure: Unternehmen in Innenstädten (z.B. Kaufhäuser) und öffentliche Hand, ggf. Vermieter
Zeithorizont/Dringlichkeit: mittelfristig

Warndienste stärken:

Hohe Ozonkonzentrationen treten häufig im Zusammenhang mit Hitzewellen auf. Maßnahmen zum Schutz vor erhöhten Ozonkonzentrationen sollten daher immer auch im Zusammenhang mit Maßnahmen gegen verstärkte Hitzeeinwirkung gesehen werden und umgekehrt. Aus diesem Grund sollte der Ozoninformationsdienst und der Hitzewarndienst zusammengeführt werden. Dies gilt auch für andere Luftschadstoffe (z.B. NOx, Feinstaub). Nutzung von neuen Kommunikationswegen für den Ozonwarndienst (Abruf von aktuellen Ozoninformationen aus der Region über Smartphones; Ozonwarnung bei Überschreitung der Schwellenwerte könnte als App auf den Smartphones installiert werden). Es sollte nicht nur vor zu hohen Ozonkonzentrationen, sondern auch vor weiteren klimabedingten Risiken (ggf. auch vor Extremereignissen) gewarnt werden. Die Warndienste sollten zusammengeführt werden. Um eine Informationsflut zu vermeiden sollten diese Warndienste mit bereits bestehenden Warndiensten koordiniert werden. Die Adressatengruppe ist zu beachten.

Zuständigkeit: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
Betroffene Akteure: LUBW und DWD, weitere Akteure wie Versicherungen, öffentlich-rechtliche Medien, Apotheken, Sparkassen etc.
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig

Maßnahmen zur Bekämpfung von Vektoren, Infektionskrankheiten, Allergenen und Toxinen

Die Klimaveränderungen begünstigen die Ausbreitung wärmeliebender Pflanzen- und Tierarten, die u.a. Tropenkrankheiten übertragen oder Allergien auslösen können.

Medizinische Kompetenzbildung Tropenkrankheiten

Durch Information und Bewusstseinsbildung zu Tropenkrankheiten, die auch in Baden-Württemberg heimisch zu werden drohen, sollen diese frühzeitig erkannt und effektiv behandelt werden. Dazu sollten entsprechend spezialisierte Diagnose- und Therapiekapazitäten (ärztliche Kompetenzbildung) bereitgestellt werden. Wichtig in diesem Zusammenhang sind auch die Umsetzung (reise-)-medizinischer Prophylaxemaßnahmen und damit die Präventi-

on von Infektionen und anderen reiseassoziierten Erkrankungen.

Zuständigkeit: Tropenmedizinische Institute an Universitäten und Kliniken, medizinische Fachgesellschaften, Ärztekammern
Betroffene Akteure: Ärzte, medizinisches Personal, Patienten, Reisende in Endemiegebiete
Zeithorizont/Dringlichkeit: mittelfristig, mittlere Dringlichkeit

VASS-Bekämpfung beginnen
Durch den Aufbau eines Warn-, Bekämpfungs- und Kontrolldienstes für gesundheitsgefährdende Pflanzen und Tiere (VASS = Vektoren, Allergene, Schadtiere, Schadpflanzen) sollen die Gefahren für die Bevölkerung verringert werden. Im Einzelnen umfasst die Maßnahme: Information der Bevölkerung bzw. von Bevölkerungsgruppen über Schadtiere und Pflanzen, frühzeitige Warnung beim Auftreten von Schadorganismen, aktive und systematische Bekämpfung sowie Kontrolle von Verdachtsstellen und Überwachung der Maßnahmen. Die bereits bestehende Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS) sollte in diesem Sinne weiterentwickelt werden. Beschäftigte in Außenberufen, insbesondere bei der Landschaftspflege, können von Vektoren, Infektionskrankheiten und dem Kontakt zu Schadpflanzen und -tieren stärker betroffen sein. Die Arbeitgeber haben daher eine besondere Pflicht, wenn es darum geht ihre Beschäftigten darüber aufzuklären und durch geeignete Maßnahmen (z.B. organisatorische Maßnahmen, persönliche Schutzmaßnahmen, Impfung, arbeitsmedizinische Vorsorge) so gut wie möglich zu schützen.

Zuständigkeit: Landkreise
Betroffene Akteure: Bevölkerung, Flächeneigentümer, Arbeitgeber
Zeithorizont/Dringlichkeit: möglichst frühzeitiger Beginn der Maßnahme und Aufbau auf bestehende Ansätze, mittlere Dringlichkeit

Grundlagenforschung zu Vektoren:
Neue Lehrstühle für Parasitologie sollten geschaffen und bestehende ausgebaut werden. Eine fortlaufende und langfristige Erfassung (Kartierung) sowohl der Vektoren als auch der Reservoir-Wirte ist erforderlich. Denn es liegen nur unzureichende Kenntnisse vor über die Verbreitung und die Anzahl der Vektoren, die Erkrankungen übertragen können, sowie die Dichte der Reservoir-Wirte, die Vektoren - neben dem Menschen - zum Blutsaugen aufsuchen und durch die der Infektionszyklus aufrechterhalten wird. Die künftige Ausbreitung der Vektoren und Wirte sollte modelliert und Grundlagenforschung zur Interaktion Vektor-Pathogen sowie die Impfstoffentwicklung vorangetrieben werden.

Zuständigkeit: Ministerium für Wissenschaft und Kunst, Universitäten, Gesetzgeber (Kartierung)
Betroffene Akteure: Universitäten, Landratsämter
Zeithorizont/Dringlichkeit: mittel- bis langfristig

Maßnahmen zum Arbeitsschutz
Die Arbeitsumgebung und die Art der Arbeit haben einen großen Einfluss auf die Exposition des Einzelnen gegenüber Klimaveränderungen. Besonders betroffen sind z.B. Beschäftigte in Außenberufen.

Arbeitsschutz für Personen in Außenberufen
Durch Arbeitsschutzmaßnahmen und Vorsorge soll die berufliche UV-Strahlen-Exposition verringert werden. Geeignete Maßnahmen dafür sind: Technische Regeln für Arbeitsstätten im Freien mit Vorgaben für Mindestschutzmaßnahmen sowie arbeitsmedizinische Vorsorge

bei Exposition gegenüber natürlicher UV-Strahlung, bei Hitze, bei Ozonbelastung und bei (Sommer-)Smog. Dazu gehören Beratung und die Etablierung einer Screening-Untersuchung der Haut als Pflichtvorsorge-Maßnahme des Arbeitgebers. Bei extremen Ereignissen sollten die Arbeitszeiten angepasst oder stationäre Einrichtungen angeboten werden.

Zuständigkeit: Ausschuss für Arbeitsstätten (BMAS), Unfallversicherungsträger, untere Verwaltungsbehörden, Regierungspräsidien, Betriebsärztinnen und -ärzte
Betroffene Akteure: Arbeitgeber, Sicherheitsfachkräfte, Betriebsärztinnen und -ärzte Berufsgenossenschaften, Selbstverwaltungen der Unfall- und Krankenkassen
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, mittlere Dringlichkeit (steigende Inzidenz des Hautkrebses, Schutzmaßnahmen bestehen bereits jetzt)

Programm zur Verbesserung des Raumklimas für kleine und mittlere Unternehmen (KMU)
Ziel ist die Schaffung eines guten Raumklimas. Wie dieses erreicht wird, soll den Unternehmen überlassen sein. Dämmung ist dabei ein möglicher Weg. Durch die Dämmung von Produktionsstätten von KMU gegen Strahlungshitze können dort insbesondere im Sommerhalbjahr erträgliche Raumtemperaturen geschaffen werden. Die Temperierung der Umgebungsluft in Arbeitsräumen über ein Be- und Entlüftungssystem bzw. über den Wärmeentzug durch entsprechende Systeme wäre eine weitere Möglichkeit. Diese Maßnahmen tragen dazu bei, die berufliche Leistungsfähigkeit der Beschäftigten zu erhalten und die Unfallgefährdung zu verringern. Die Dringlichkeit der Maßnahme ergibt sich aus der Tatsache, dass viele Produktionsstätten aus Zeiten vor dem Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung (EnEV) stammen. Sie wurden damals aus Kostengründen einfach und ohne Wärmedämmung gebaut. Durch nachträgliche Dämm-Maßnahmen, insbesondere der Dächer, soll erreicht werden, dass bei Sonneneinstrahlung keine zu hohen Raumtemperaturen entstehen. Auch in der kühleren Jahreszeit ist diese Maßnahme nützlich, weil sie den Heiz- und Energiebedarf reduziert.

Zuständigkeit: Gesetzgeber (Bund, Länder)
Betroffene Akteure: Unternehmen, Besitzer von Produktionsbetrieben (KMU)
Zeithorizont/Dringlichkeit: langfristig, hohe Dringlichkeit

Maßnahme zu Vorsorgeuntersuchungen
Die Hautexposition gegenüber UV-Strahlung wird sich voraussichtlich erhöhen. Damit steigt auch das Risiko gesundheitlicher Erkrankungen wie Hautkrebs.

Naevi-Screening fördern
Ziel der Maßnahme ist die Früherkennung und –behandlung von Hautkrebs und seinen Vorstufen und damit die Reduzierung der Morbiditäts- und Mortalitätsraten (lat. naevus = Muttermal). Geeignete Maßnahmen dazu sind die Sensibilisierung der medizinischen Fachberufe hinsichtlich des angebotenen ärztlichen Naevi-Screenings und ggf. Information der Patienten hierüber bei Auffälligkeiten, Routineuntersuchungen bei medizinischen Behandlungen, Kostenerstattung des Screenings durch Krankenkassen/Versicherungen.

Zuständigkeit: Gesundheitsministerium, Krankenkassen, Ärztekammern
Betroffene Akteure: Krankenkassen, Haus- und Hautärzte, Physiotherapeuten, Masseure und medizinische Bademeister, Fachverband der Dermatologen

Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig, hohe Dringlichkeit wegen zurzeit steigender Inzidenz des Hautkrebses

Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung, Kommunikation und Information
Aufklärung zur klimaangepassten Verhaltensweise Ziel der Maßnahme ist es, die Bevölkerung über die Gefahren der Hitzebelastung und der UV-Strahlung aufzuklären und vorbeugendes Verhalten zu fördern (z.B. Anpassung des Freizeitverhaltens, Bräunung als Hilferuf und nicht als Schönheitsideal begreifen, Trinkverhalten). Es muss auf Warnzeichen des Körpers wie Kreislaufbeschwerden, Muskelkrämpfe, Kopfschmerzen und Übelkeit, welche durch Hitzebelastung erzeugt werden, hingewiesen werden. Sensibilisierung, Information und Aufklärung bzgl. Trinkverhalten, eines angepassten Tagesablaufs aber auch die Einbindung von Nachbarschaftshilfen könnten wesentliche Vorsorgemaßnahme darstellen. Im Fokus stehen insbesondere vulnerable Personengruppen, die nicht über institutionalisierte Einrichtungen, wie z. B. Pflege- und Altenheime, versorgt werden. Dazu sollte in den Medien eine Aufklärungskampagne durchgeführt werden, die beispielsweise bei erhöhtem UV-Index intensiviert wird (z.B. zusätzliche Informationen im Wetterbericht). Im Schulunterricht sollten entsprechende Informationen und Verhaltensregeln vermittelt werden. Ein besonderer Fokus sollte dabei auf der Sensibilisierung von Lehrerinnen und Lehrern als auch von Schülerinnen und Schülern hinsichtlich klimaresilientem Handeln liegen. *Zuständigkeit*: Landesministerien, Wetterdienst, Landesärztekammer *Betroffene Akteure*: Öffentlicher Gesundheitsdienst, Vorschuleinrichtungen und Schulen, Sportvereine, Arbeitgeber für Außenberufen *Zeithorizont/Dringlichkeit*: kurzfristig, hohe Dringlichkeit wegen zurzeit steigender Inzidenz des Hautkrebses
Darstellung des Zusammenhangs zwischen Klimawandel und Luftschadstoffen: Der Zusammenhang zwischen Klimawandel und sich verändernden Luftschadstoffkonzentrationen soll im Sinne der Schaffung von Informationsgrundlagen in einer vergleichenden Studie untersucht werden. *Zuständigkeit*: Landesregierung (UM) *Betroffene Akteure*: Kommunen (Grünordnungsämter), Regierungspräsidien, Verkehrsbetriebe *Zeithorizont/Dringlichkeit*: kurzfristig

Exkurs zum Bevölkerungsschutz

Der Bevölkerungsschutz dient dem Schutz der Bevölkerung und ihrer Lebensgrundlagen vor Katastrophen und anderen schweren Notlagen. Dazu gehören auch Maßnahmen zur Vermeidung, Begrenzung und Bewältigung solcher Ereignisse. Die nach den gegenwärtigen wissenschaftlichen Erkenntnissen zu erwartenden Veränderungen der Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen wie großflächige Überschwemmungen, starke Stürme oder Hagel aber auch die Zunahme der Waldbrandgefahr werden den Bevölkerungsschutz vor zusätzliche Herausforderungen stellen. Zwar ist der Bevölkerungsschutz grundsätzlich bereits heute auf die Bewältigung von Extremereignissen und Großschadenslagen gut eingestellt. Häufigere und heftigere klimainduzierte Schadensereignisse können aber zusätzliche Herausforderungen bringen. Deshalb sind die entsprechenden Vorsorgeplanungen regelmäßig an die geänderten Bedingungen anzupassen; vorhandene Mittel und Strukturen des Bevölkerungsschutzes sind zu überprüfen.

Baden-Württemberg wird deshalb die Vorsorgeplanungen, die Einsatztaktik und die technische Ausstattung unter dem Aspekt der Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels mittel- und langfristig weiterentwickeln. Ein besonderes Augenmerk ist auf die kritischen Infrastrukturen (KRITIS) wie Energie- und Wasserversorgung, Transport und Verkehr, Gesundheitswesen sowie Kommunikations- und Informationstechniken zu richten, die die Funktion „gesellschaftlicher Lebensadern“ haben. Die besondere Verletzlichkeit kritischer Infrastrukturen ergibt sich auch aus deren gegenseitigen Abhängigkeiten. Ausfälle der Stromversorgung und Informationstechnik haben zahlreiche Folgeeffekte und ziehen Störungen und Ausfälle in allen anderen KRITIS-Sektoren nach sich.

Um die Herausforderung eines großflächigen, langanhaltenden Stromausfalls in Baden-Württemberg bestmöglich meistern zu können, wurde 2008 das Projekt „Krisenmanagement Stromausfall am Beispiel Baden-Württemberg“ mit der Herausgabe eines Handbuchs Stromausfall durchgeführt. Ziel des Handbuches war es, die Prozesse des Krisenmanagements zu unterstützen und die dafür notwendigen Hintergrundinformationen sowie praxisorientierte Handlungsempfehlungen in Form von Maßnahmenlisten bereit zu stellen. Das Handbuch richtet sich sowohl an Behörden und Energieversorgungsunternehmen als auch an andere Betreiber kritischer Infrastruktureinrichtungen.

Das „Krisenhandbuch Stromausfall“ steht auf den Internetseiten des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe zum Download zur Verfügung.

3.8. Stadt- und Raumplanung

3.8.1. Bedeutung, Funktionen und Ziele

In Baden-Württemberg gibt es vier Regierungsbezirke, 12 Regionen, 44 Stadt- und Landkreise und 1101 politisch selbstständige Gemeinden. Davon sind 789 sonstige Gemeinden und 312 Städte, darunter auch die neun Stadtkreise (kreisfreie Städte) und 92 große Kreisstädte (Stand 2009). Ein Großteil der Städte und Gemeinden hat sich in 114 Gemeindeverwaltungsverbände und 156 Vereinbarten Verwaltungsgemeinschaften zusammengeschlossen.

Sowohl auf Ebene des Landes, als auch auf regionaler und kommunaler Ebene steuert die Stadt- und Raumplanung die Raumnutzung mit verschiedenen Plänen, vom Landesentwicklungsplan über die Regionalpläne bis hin zu den Flächennutzungs- und Bebauungsplänen der kommunalen Bauleitplanung. Dabei ist es die Aufgabe der jeweiligen Planungsträger, wirtschaftliche, soziale und ökologische Belange abzuwägen, miteinander in Einklang zu bringen und Potenziale für zukünftige räumliche Entwicklungen zu sichern.

Mit dieser komplexen Aufgabenstellung spielt die Stadt- und Raumplanung auch bei der Anpassung an den Klimawandel eine wichtige Rolle. So haben zum Beispiel die Dimensionierung, Anordnung und Gestaltung der Freiräume, des Straßenraums, der bebauten Flächen und der einzelnen Gebäude einen erheblichen Einfluss auf die sommerliche Hitzebildung und Durchlüftung und damit auf das Wohlbefinden und die Gesundheit der Bevölkerung. Raumordnung und Bauleitplanung tragen dazu bei, klimabedingte Risiken zu minimieren bzw. zu vermeiden. Es ist darauf zu achten, dass die langfristige Geltungsdauer der verschiedenen Pläne notwendige Anpassungsmaßnahmen anderer Bereiche nicht verzögert oder sogar verhindert.

3.8.2. Wirksame Klimafaktoren

Für die Stadt- und Raumplanung sind vor allem Klimafaktoren zur Wärmebelastung und Hitzeentwicklung von Belang. Zwar spielen auch die Parameter Niederschlag, Sturm, Hagel und die Schneelast eine Rolle. Für viele dieser Parameter liegen allerdings keine ganz eindeutigen Daten vor. Die Projektionen zeigen jedoch eindeutig, dass es sowohl in der nahen Zukunft (2021-2050) als auch in der fernen Zukunft (2071-2100) wärmer wird. Deshalb wurden hier die Klimafaktoren „Heiße Tage (Tropentage)“, „Sommertage“, „Hitzeperioden-Tage“ und „Kühlgradtage“ verwendet.

Beispielhaft wird im Folgenden der Faktor „Kühlgradtage“ näher erläutert, um die Veränderungen für Baden-Württemberg zu verdeutlichen. Ein Kühlgradtag wird definiert als die Größe der Überschreitung der Tagesmitteltemperatur von 18,3°C. Die Kühlgradtage werden über das Jahr aufsummiert (Einheit: Kelvin*Tage). Der Wert für die Kühlgradtage macht damit keine Aussage darüber, an wie vielen Tagen gekühlt werden muss, sondern wie groß die Kühllast in der Summe für ein Jahr ausfällt. Er gibt also indirekt Auskunft darüber, wie viel Energie notwendig ist, um ein Gebäude auf eine angenehme Raumtemperatur abzukühlen.

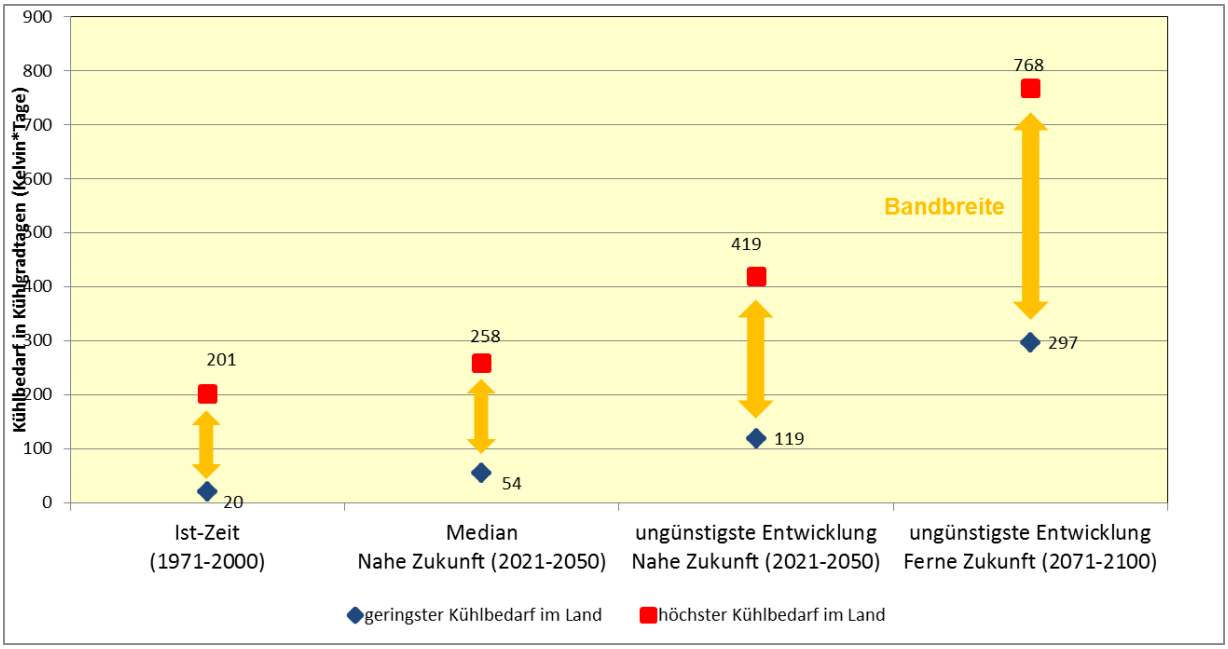


Abb. 3.8.1: Kühlbedarf in Baden-Württemberg in Kühlgradtagen: Bandbreite der Ist-Werte und der künftig erwarteten Werte für verschiedene Klimaprojektionen

Abbildung 1 zeigt die erwartete Bandbreite, innerhalb der sich der Kühlbedarf im Land entwickeln könnte. Geringer Kühlungsbedarf liegt derzeit beispielsweise in den Mittelgebirgen vor, höherer im Rheingraben und den Ballungsräumen. Der Kühlbedarf reicht heute von circa 20 bis zu 200 Kühlgradtagen. Die Klimaprojektionen gehen von einem starken Anstieg des Kühlbedarfs in der Zukunft aus. Bereits im Zeitraum 2021-2050 fällt danach der maximale Kühlbedarf um bis zu 30 Prozent (Median) höher aus als heute, im ungünstigsten Fall sogar mit 419 Kühlgradtagen bis zu 108 Prozent höher. In der fernen Zukunft würde sich im ungünstigsten Fall der maximale Kühlungsbedarf annähernd vervierfachen. Der geringste Kühlbedarf würde in der fernen Zukunft im ungünstigsten Fall mit 297 Kühlgradtagen fast 14-mal so hoch sein wie heute sein und damit auf einem Niveau deutlich über dem heutigen maximalen Kühlbedarf beispielsweise im Rheingraben liegen.

Abbildung 2 zeigt die räumliche Verteilung der Anzahl der Kühlgradtage in Baden-Württemberg für die nahe und ferne Zukunft. Dabei ist zu erkennen, dass vor allem die Höhenlagen des Schwarzwalds und der Schwäbischen Alb die geringsten Bedarfe aufweisen, wohingegen vor allem die oberrheinische Tiefebene, der Kraichgau und das Neckarbecken den höchsten Bedarfen ausgesetzt sind, vor allem aufgrund ihrer tieferen Lagen.

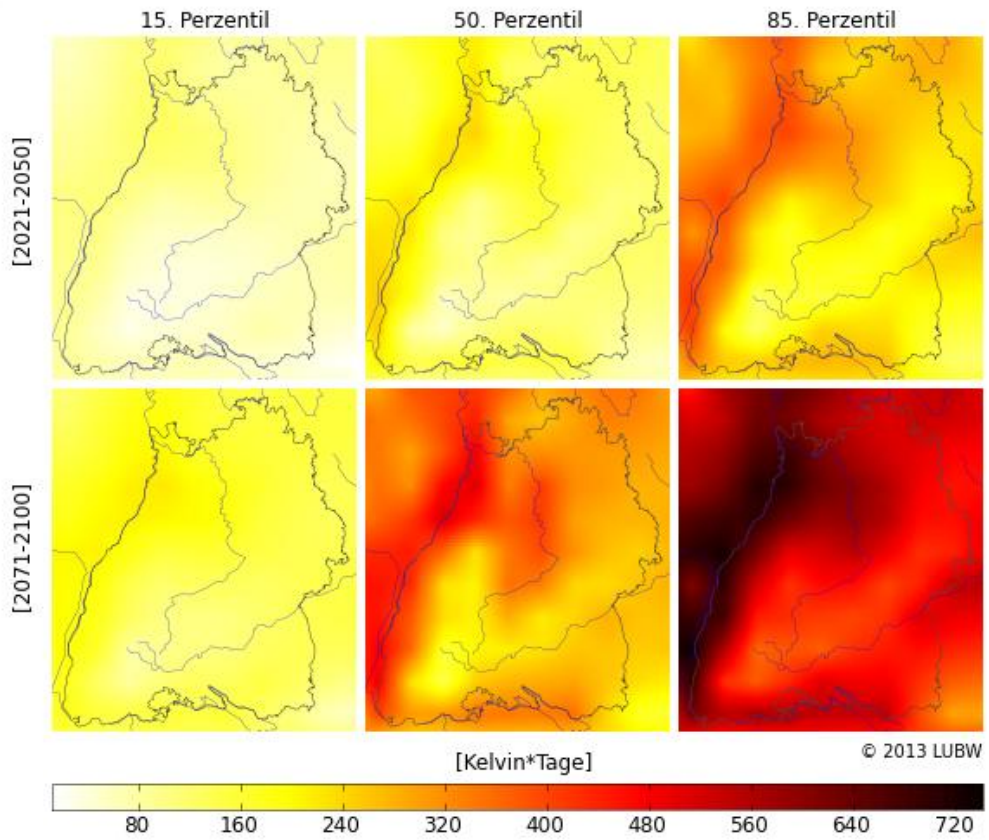


Abb. 3.8.2: Flächenhafte Darstellungen der Perzentile für die Kühlgradtage nahe und ferne Zukunft

Auch für die Klimafaktoren Heiße Tage, Sommertage und Hitzeperioden-Tage ist im Zeitraum 2021 –2050 eine Zunahme der Wärme- bzw. Hitzebelastung zu erwarten. Betrachtet man die „worst-case"-Entwicklung (angezeigt durch die Werte für das 85. Perzentil), so werden die Belastungen schon für die nahe Zukunft kritisch. Für die ferne Zukunft (2071 – 2100) ist sogar mit Belastungen zu rechnen, die deutlich über das bisher bekannte Maß hinausgehen. Dabei ist zu erkennen, dass vor allem die Höhenlagen des Schwarzwalds und der Schwäbischen Alb die geringsten Belastungen aufweisen. Besonders hohe klimatische Belastungen in Baden-Württemberg sind vor allem für Kreise in der oberrheinischen Tiefebene, dem Kraichgau und dem Neckarbecken zu erwarten.
Eine Besonderheit des Stadtklimas bildet der so genannte Urbane Hitzeinseleffekt oder Wärmeinseleffekt. Damit ist der Temperaturunterschied einer Stadt zu ihrem Umland gemeint. Er ist abhängig von verschiedenen Faktoren wie Oberflächenstruktur, bauliche Dichte oder Grünanteil im Stadtgebiet, die dazu führen, dass die Temperaturen in einer Stadt im Vergleich zum (ländlichen) Umland deutlich höher sind. Im Rahmen einer Anpassungsstrategie muss diesem Effekt durch entsprechende Maßnahmen entgegen gewirkt werden (zum Beispiel Sicherung von Frischluftschneisen).

Entsprechend der allgemeinen Wärmezunahme steigt nicht nur die Hitzebelastung im Sommer, sondern es sinkt auch der Heizbedarf im Winter. So ist positiv zu bewerten, dass der Heizbedarf im Landesmittel von circa 4100 Heizgradtagen in der nahen Zukunft nach den Modellrechnungen in einer Bandbreite zwischen circa 8 und 13 Prozent sinkt, in der fernen Zukunft sogar um 20 bis 29 Prozent (Bandbreite zwischen 15. Perzentil und 85. Perzentil).

Heizgradtage für ein Jahr sind definiert als die Größe der Unterschreitungen der Tagesmitteltemperaturen von 15°C aufsummiert über ein Jahr (Einheit: Kelvin*Tage).

3.8.3. Vulnerabilität und Auswirkungen

Die Stadt- und Raumplanung nimmt unter den Handlungsfeldern eine Querschnittsrolle ein. Sie ist im Gegensatz beispielsweise zur Landwirtschaft nicht selbst anfällig für die Klimafolgen. Sie kann und muss der Vulnerabilität der betroffenen Schutzgüter Rechnung tragen und mit ihren Steuerungsinstrumenten einen Beitrag zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels leisten.

12 ausgewählte Themenfelder innerhalb des Klimawandels, in denen die Stadt- und Raumplanung wirksam werden kann, wurden den vier Schutzgütern „Mensch“, „Wirtschaft“, „Bauliche Umwelt (Gebäude und Verkehrsinfrastruktur)“ und „Siedlungsgrün“ zugeordnet. Diese Schutzgüter stellen einen Themenquerschnitt der Stadt- und Raumplanung dar.

Die Sensitivitäten der Problemlagen wurden dabei getrennt nach Stadt- und Landkreisen ermittelt, um unerwünschte Verzerrungen bei der Einstufung zu vermeiden.

Tab. 3.8.1: Ausgewählte Themenfelder mit Indikatoren für Stadt-/Landkreise und Klimafaktoren

Nr.	Themenfeld	Indikatoren für die Sensitivität (Empfindlichkeit)		Klimafaktoren
		SKR (Stadtkreise)	LKR (Landkreise)	
Schutzgut Mensch				
1	Erhöhte Mortalität der über 75-Jährigen	(1) Anzahl Personen älter als 75 Jahre in 2030 (2) Siedlungsdichte (Einwohner je km^2 Siedlungs- und Verkehrsfläche)		(1) Heiße Tage (2) Hitzeperioden-Tage
2	Erhöhte Morbidität der Pflegebedürftigen	Anzahl pflegebedürftiger Personen (Pflegestufen 1-3)		Sommertage
3	Erhöhte Morbidität der unter 5-Jährigen	Anzahl Personen jünger als 5 Jahre		
Schutzgut Wirtschaft				
4	Leichte Einschränkungen im tertiären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im tertiären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im tertiären Sektor	Sommertage
5	Leichte Einschränkungen im sekundären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im sekundären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im sekundären Sektor	
6	Starke Einschränkungen im tertiären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im tertiären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im tertiären Sektor	(1) Heiße Tage (2) Hitzeperioden-Tage
7	Starke Einschränkungen im sekundären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im sekundären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im sekundären Sektor	
Schutzgut bauliche Umwelt (Gebäude und Verkehrsinfrastruktur)				
8	Schäden an Gebäuden und baulichen Anlagen	%-Anteil der Gebäude- + Freifläche an Siedlungs- + Verkehrsfläche	Gebäude-/Freifläche absolut	(1) Heiße Tage (2) Hitzeperioden-Tage
9	Gebäudekühlung tertiären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im tertiären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im tertiären Sektor	Kühlgradtage
10	Gebäudekühlung sekundären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im sekundären Sektor	Anzahl Erwerbstätiger im sekundären Sektor	
11	Schäden an Verkehrswegen	%-Anteil der Verkehrsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche	Verkehrsfläche absolut	(1) Heiße Tage (2) Hitzeperioden-Tage
Schutzgut Siedlungsgrün				
12	Schäden an Erholungsflächen	%-Anteil der Erholungsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche	Erholungsfläche absolut	(1) Heiße Tage (2) Hitzeperioden-Tage

Erläuterung: sekundärer Sektor = Industrie, Gewerbe; tertiärer Sektor: Handel, Dienstleistung

Schutzgut Mensch

Eine höhere Hitzebelastung bedeutet mit zunehmendem Lebensalter ein erhöhtes Sterberisiko, da der Körper immer weniger in der Lage ist, sich schnell genug und ausreichend zu akklimatisieren. Neben der Anzahl „Heißer Tage“ ist zudem entscheidend, wie häufig heiße Tage in direkter Abfolge ohne zwischenzeitliche Abkühlung auftreten (Hitzeperioden-Tage) und Hitzewellen entstehen. Während Hitzewellen wird dauerhaft die Erholung während des Schlafes beeinträchtigt, was die ohnehin schon hohe Hitzebelastung am Folgetag zusätzlich steigert. Besonders in Städten mit hoher baulicher Dichte kann die Hitzebelastung aufgrund des urbanen Hitzeinseleffekts deutlich über den hier zugrunde gelegten Werten der Klimaprojektionen liegen.

Für Personen, die aufgrund einer Vorbelastung nur in eingeschränktem Umfang in der Lage sind, sich anzupassen oder nicht selbstständig die veränderten Bedürfnisse (zum Beispiel höherer Trinkbedarf) wahrnehmen und/oder befriedigen können, können bereits moderate Wärmebelastungen kritisch werden. Bei Pflegebedürftigen können schon Sommertage (Tagesmaximum ≥ 25°C) zu Beeinträchtigungen des körperlichen und geistigen Befindens führen (zum Beispiel durch mangelnde Schlaferholung). Ähnliches gilt auch für Kleinkinder und Kinder unter fünf Jahren.

Um die Vulnerabilität im Schutzgut Mensch zu bestimmen, wurden daher drei Bevölkerungsgruppen mit erhöhter Sensitivität für die Klimafolgen untersucht:

- Risiko erhöhter Mortalität bei über 75-Jährigen
- Risiko für gesundheitliche Beeinträchtigungen bei vorbelasteten Personen (Pflege)
- Risiko für Gesundheitsschäden bei unter 5-Jährigen

Schutzgut Wirtschaft

Eine steigende Hitzebelastung kann die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten einschränken und damit zu geringerer Produktivität und zu ökonomischen Einbußen führen. Untersuchungen ergaben, dass ab Temperaturen von über 24°C die Produktivität stetig abzunehmen beginnt. Jenseits der 30-Grad-Schwelle werden die mentale und körperliche Leistungsfähigkeit noch einmal deutlich gemindert. Man kann also zwischen einer leichten Belastung an Sommertagen sowie einer starken Belastung an heißen Tagen und während Hitzeperioden unterscheiden. Nicht an das Klima angepasste Bauweisen von Bürogebäuden können somit betriebs- und volkswirtschaftliche Einbußen zur Folge haben.

Folgende Themenfelder wurden untersucht:

- Risiko leicht eingeschränkter Leistungsfähigkeit für den tertiären Sektor
- Risiko leicht eingeschränkter Leistungsfähigkeit für den sekundären Sektor
- Risiko stark eingeschränkter Leistungsfähigkeit für den tertiären Sektor
- Risiko stark eingeschränkter Leistungsfähigkeit für den sekundären Sektor

Schutzgut bauliche Umwelt (Gebäude und Infrastruktur)

Wenn sich Gebäude und Straßen immer wieder aufheizen und abkühlen oder sie über längere Zeit großer Hitze ausgesetzt sind, kann das zu Bauteilermüdung, vorzeitiger Materialalterung, Dehnungsrissen und Ausfällen von technischen Gebäudeanlagen führen. Die Klimafolgen in Form von mehr Tropentagen (Heißen Tagen), häufigeren Hitzeperioden, mehr Sommertagen, mehr Kühlgradtagen und häufigeren Extremereignissen bewirken, dass solche Schäden künftig zahlreicher und früher auftreten können.

Sowohl im sekundären als auch im tertiären Sektor führt die Zunahme der thermischen Belastungen zu einem erhöhten Bedarf der Gebäude- und Anlagenkühlung, um die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter aufrecht zu erhalten. Ein erhöhter Kühlbedarf trägt wiederum über die Abwärme konventioneller Klimaanlagen zu einer Verstärkung des urbanen Hitzeinseleffekts bei. Der Einsatz solcher Anlagen ist damit kritisch zu sehen, da sie als vermeintliche Lösung zugleich ein Teil des Problems sind. Dies macht sich besonders in Stadtkreisen bemerkbar.
Die Vulnerabilitätsanalyse im Schutzgut bauliche Umwelt wurde daher für drei Themenfelder im Teilbereich Gebäude und eines im Teilbereich verkehrliche Infrastruktur vorgenommen:

- Risiko für Schäden an Gebäuden und baulichen Anlagen
- Bedarf an Gebäudekühlung im tertiären Sektor
- Bedarf an Gebäudekühlung im sekundären Sektor
- Risiko für Schäden an Verkehrswegen

Schutzgut Siedlungsgrün

Die Grünflächen im Siedlungsbestand besitzen nicht nur wichtige Funktionen für das lokale Mikroklima und den Wasserhaushalt, sondern sie bieten auch Möglichkeiten zur Naherholung. Die Erholungsflächen sind demgemäß ein Schutzgut, das für die Lebens- und Wohnqualität von zunehmender Bedeutung ist und dessen Schädigung sich in mehrfacher Weise negativ auswirken kann. Aus diesem Grund wurde das Themenfeld „Risiko für Schädigung von Flächen zur Erholung“ ausgewählt.

<u>Übersicht über die Vulnerabilität aller Themenfelder</u>

Für die 44 Stadt- und Landkreise wurden übersichtliche „Steckbriefe“ erstellt, die Angaben zur Gesamtvulnerabilität und zur Vulnerabilität in den Themenfeldern Schutzgut Mensch, Wirtschaft, bauliche Umwelt und Siedlungsgrün enthalten. Sie sind Teil des Fachgutachtens Stadt- und Raumplanung zur Anpassungsstrategie.

Abbildung 3 zeigt, dass sich über alle zwölf Themenfelder hinweg schon in der nahen Zukunft hohe Vulnerabilitäten zumeist für Kreise in der oberrheinischen Tiefebene, dem Kraichgau und dem Neckarbecken ergeben. Die Kreise in den höheren Lagen des Schwarzwalds, der Baar, der Schwäbischen Alb bis hin zur Ostalb sind in der nahen Zukunft noch meist als gering vulnerabel einzustufen. Die rot gekennzeichneten und damit hoch vulnerablen Kreise befinden sich damit immer in den tieferen (und damit wärmeren) Lagen.

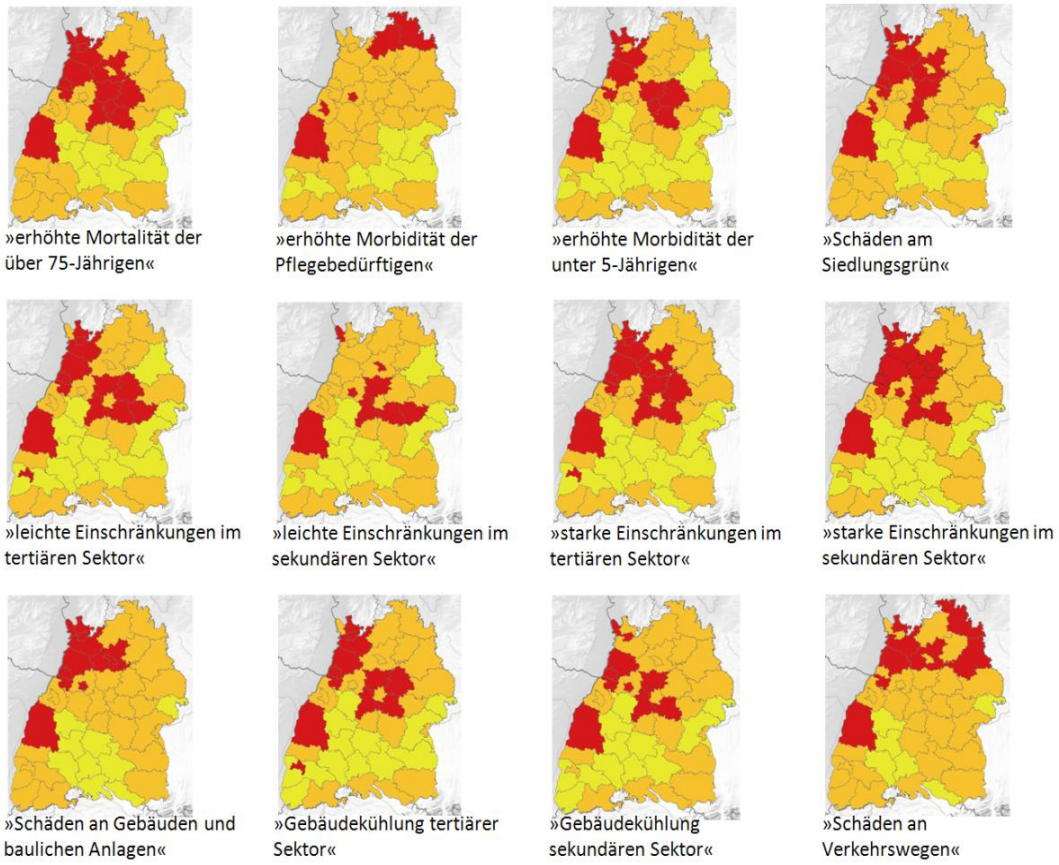


Abb.3.8.3: Vulnerabilitäten der Stadt- und Landkreise für die zwölf betrachteten Themenfelder in der nahen Zukunft (2021-2050; 50. Perzentil); Legende: rot = hoch, orange = mittel, gelb = gering

Gesamtvulnerabilität der Kreise

Betrachtet man die Gesamtvulnerabilitäten der 44 Stadt- und Landkreise über alle vier Schutzgüter hinweg, kommt man für die nahe Zukunft (2021-2050; 50. Perzentil/Median) zu folgendem Ergebnis: Eine hohe Gesamtvulnerabilität besitzen die Kreise Mannheim, Rhein-Neckar, Heidelberg, Heilbronn (Landkreis und Stadtkreis), Karlsruhe (Stadt- und Landkreis), Pforzheim, Ludwigsburg, Rems-Murr-Kreis, Böblingen, Esslingen und der Ortenaukreis (siehe Abb. 4). Von diesen 13 Kreisen sind 5 Stadtkreise. Weitere 25 Kreise weisen eine mittlere Gesamtvulnerabilität auf. Es bleiben 6 Kreise mit geringer Gesamtvulnerabilität übrig, alle in höheren Lagen.

Für die 44 Stadt- und Landkreise wurden übersichtliche „Steckbriefe“ erstellt, die Angaben zur Gesamtvulnerabilität und zur Vulnerabilität in den Themenfeldern Schutzgut Mensch, Wirtschaft, bauliche Umwelt und Siedlungsgrün enthalten. Auf den Steckbriefen wird ein Trend angegeben für das 85. Perzentil der nahen und fernen Zukunft angeben.

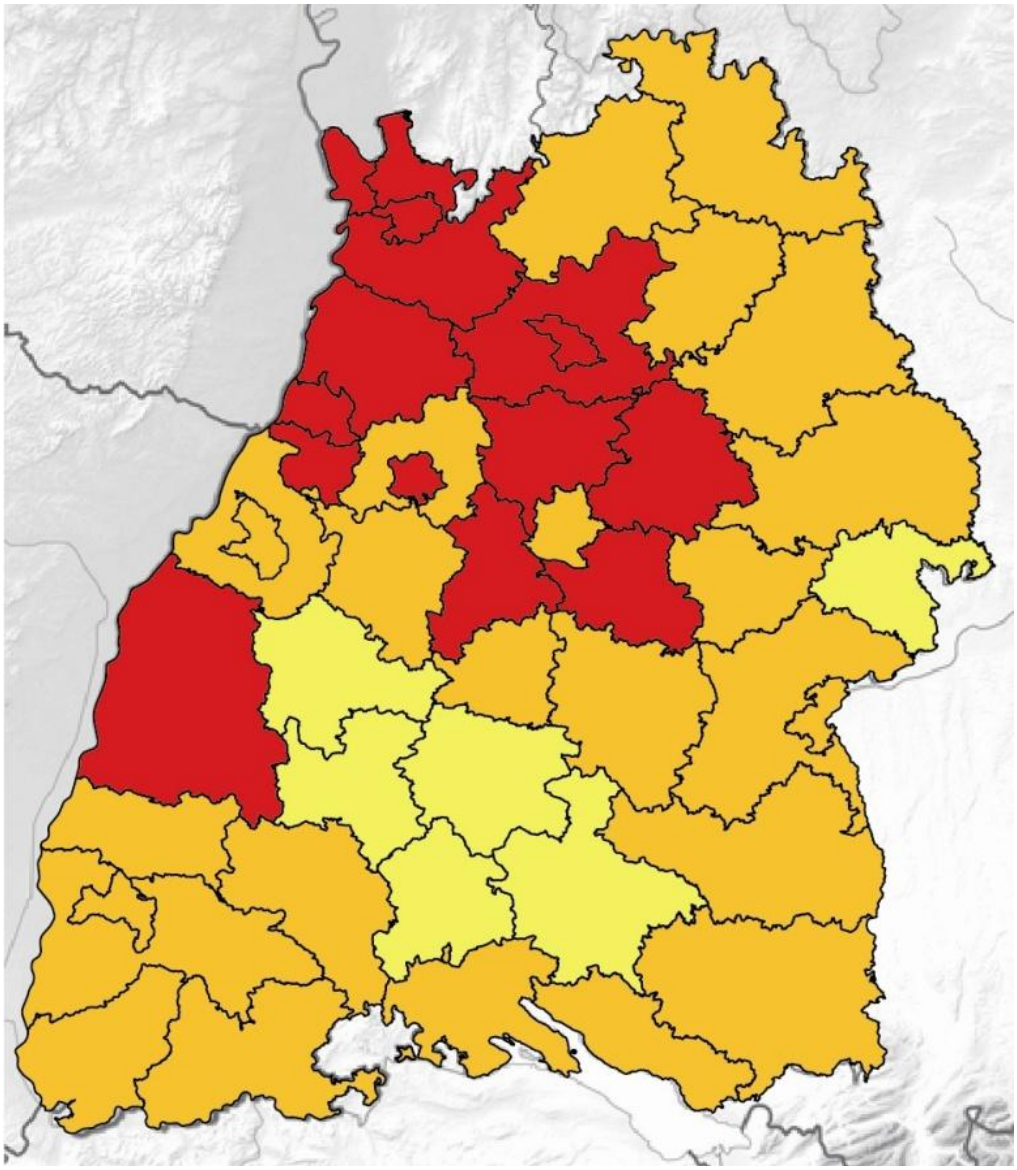


Abb. 3.8.4: Gesamtvulnerabilitäten in den Stadt- und Landkreisen in der nahen Zukunft (2021-2050; Median); rot = hoch, orange = mittel, gelb = gering

Fazit: Die Verdichtungsräume des Landes, die alle in den niedrigen und damit wärmeren Höhenlagen liegen, werden schon in naher Zukunft als hoch vulnerabel eingestuft, vor allem aufgrund künftiger Hitzebelastungen, die den vorhandenen Wärmeinseleffekt noch verstärken. Die Hitzebelastung wird in der fernen Zukunft nochmals deutlich zunehmen und sich negativ auf Morbidität, Mortalität und Leistungsfähigkeit des Menschen auswirken. Ebenso sind Schäden an baulicher Infrastruktur und Siedlungsgrün zu erwarten. Zudem werden einige bisher als gering oder mittel vulnerabel eingestufte Kreise einem besonderen starken Anpassungsdruck ausgesetzt sein, da der Anstieg von einer geringen Ist-Belastung kommend sehr stark ausfällt. Mit Anpassungsmaßnahmen sollte frühzeitig begonnen werden.

3.8.4. Anpassungsziele und Maßnahmen

Die Stadt- und Raumplanung verfügt grundsätzlich über eine Vielzahl von Instrumenten zur Klimaanpassung auf Landes-, Regional- und Kommunalebene. Im Bereich der Raumplanung ist den räumlichen Erfordernissen des Klimaschutzes Rechnung zu tragen, sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen (§ 2 Abs. 2 Nr. 7 Raumordnungsgesetz (ROG)). Diese Grundsätze gehören zur Leitvorstellung einer nachhaltigen Raumentwicklung, die durch die Regionalplanung konkretisiert werden. Dabei sind die Vorgaben des Klimaschutzgesetzes für Baden-Württemberg ergänzend zu berücksichtigen (§ 11 Abs. 2 Satz 2 Landesplanungsgesetz (LplG)). Im Bereich Bauleitplanung wurden die Möglichkeiten zur Klimaanpassung verbessert, als der Gesetzgeber 2013 das Thema „Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen“ ausdrücklich in die Rahmenvorgaben des Baugesetzbuches zur Erstellung von Bauleitplänen aufnahm (§1a (5) BauGB). Bei der Anpassung gilt es jedoch darauf zu achten, dass die Maßnahmen der Stadt- und Raumplanung mit konkurrierenden Planungszielen und Leitbildern abgestimmt werden. Eine solche Konkurrenz besteht zum Beispiel zwischen der Freihaltung von Kaltluftschneisen und der Sicherung von Grünflächen als Kaltluftentstehungsgebiete einerseits und dem Leitbild der Innenentwicklung und Nachverdichtung andererseits. Da Entscheidungen der Stadt- und Raumplanung in der Regel sehr lange Vorlaufzeiten haben und erst langfristig wirken, sind auch Maßnahmen zur Klimaanpassungen mit großer Weitsicht zu planen. Je früher eine Anpassung erfolgt, desto geringer werden Schäden und Kosten ausfallen, die aufgrund verspätet ergriffener Maßnahmen auftreten können. Der Erfolg einer Anpassungsstrategie im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung ist außerdem von einer für den jeweiligen Teilraum sorgfältig vorzunehmenden Auswahl einzelner Maßnahmen abhängig. Erst die Kombination unterschiedlicher Maßnahmen gewährleistet eine Raumnutzung, die gegen die negativen Folgen des Klimawandels möglichst resilient ist.

Aus der Bandbreite der möglichen Maßnahmen werden im Folgenden einige wesentliche Schwerpunkte herausgegriffen:

- Klimaangepasste großräumige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung
- Minimierung der Inanspruchnahme von Flächen
- Sicherung von Flächen primär zur thermischen Entlastung und zum Wasserrückhalt
- Minimierung der Bodenversiegelung primär zum verbesserten Wasserrückhalt
- Begrünung von Flächen oder baulichen Anlagen
- Gewährleistung ausreichender Durchlüftung und gezielte Verringerung baulicher Dichte in klimatisch relevanten Bereichen der Siedlungen
- Klimaangepasste Gestaltung, Ausstattung und Beschaffenheit baulicher Anlagen
- Verbesserung der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum

Maßnahmen zur Sicherung von Flächen primär zur thermischen Entlastung
Sicherung großräumig übergreifender Freiraumstrukturen Diese Maßnahme kann einen Beitrag zur Minderung der Hitzebelastung in Siedlungen, zur Erhaltung regionaler Wasserressourcen (Wasserrückhalt in der Fläche, Grundwasserneubildung) und zur Minderung der Folgen von Hochwasser- und/oder Starkregenereignissen leisten (potenzielle Retentionsfläche). Weiterhin können durch Festlegung von Grünzügen, Grünzäsuren oder anderen Gebieten zum Freiraumschutz Erholungsmöglichkeiten für Bewohner hitzebelasteter Siedlungsgebiete geschaffen werden. Dazu ist bei der Festlegung von Regionalen Grünzügen, Grünzäsuren etc. insbesondere darauf zu achten, dass folgende Merkmale bzw. Funktionen gewährleistet sind: 1. Um ihren Funktionen als Kaltluftentstehungsgebiete, Kaltluftabflussbahnen und Frischluftschneisen gerecht werden zu können, sollten Grünzüge und/oder Grünzäsuren etc. Verbindungen untereinander aufweisen (möglichst zerschneidungsfreies Freiraumverbundsystem). 2. Zur thermischen Entlastung von Siedlungsgebieten sollten Grünzüge und Grünzäsuren gezielt dafür eingesetzt werden, Siedlungsgebiete in denjenigen Bereichen zu untergliedern bzw. weitere Besiedelungen durch entsprechende Festlegungen dort zu verhindern, wo eine besondere Hitzeexposition gegeben bzw. zukünftig zu erwarten ist. 3. Es sollte darauf geachtet werden, zur Erholung geeignete Freiräume mit guter Erreichbarkeit bzw. in der Nähe von (hoch)verdichteten Siedlungsräumen zu sichern und/oder auszudehnen, um der städtischen Bevölkerung Naherholungsmöglichkeiten bei künftig zunehmender Hitze- und Ozonbelastung bieten zu können. *Zuständigkeit*: Planungsebene Raumordnung, Träger der Regionalplanung; relevante Fachplaner (primär Landschaftsplanung, Forst, Landwirtschaft), zur Unterstützung der Regionalplanung stellt die Landesregierung klimatologische Grundlagendaten zur Verfügung (Zuständigkeit UM). *Betroffene Akteure*: Kommunen, Fachplaner *Zeithorizont/Dringlichkeit*: langfristig/räumlich differenziert
Erhalt und Schaffung eines Flächenverbunds zur thermischen Entlastung im Stadtraum Herstellung/Sicherung möglichst zusammenhängender kleinräumlicher Verbundstrukturen von Grün- und Freiflächen bzw. sonstiger nicht überbauter Flächen im städtischen Kontext, die einen kühlenden Effekt für angrenzende Siedlungsstrukturen haben (z.B. mittels Darstellungen in Flächennutzungsplänen bzw. Festsetzungen von Grün- und Freiflächen in Bebauungsplänen). *Zuständigkeit*: Planungsebene Bauleitplanung; Kommunen; relevante Fachplanung (primär Landschaftsplanung, Forst, Landwirtschaft) *Betroffene Akteure*: Grundstücksbesitzer, Bauherren, Investoren *Zeithorizont/Dringlichkeit*: mittelfristig, hoch

Maßnahmen zur Gewährleistung ausreichender Durchlüftung und Anpassung baulicher Dichte in Siedlungen / Minimierung der Inanspruchnahme von Flächen
Dichtekonzeption zur Sicherung der Durchlüftung und anderer stadtökologischer Qualitäten In den für die Durchlüftung relevanten Bereichen der Städte sollten die baulichen Dichten auf Basis von integrierten Gesamtentwicklungskonzepten und darin enthaltenen kleinräumigen Dichtekonzeptionen gezielt gesteuert werden. Darunter sind häuserblockscharfe Empfehlungen zur anzustrebenden Dichte und die Festlegung stadtökologischer Mindeststandards zu verstehen, die bereits vor der konkreten Projektentwicklung und Bauleitplanung zu erstellen sind. Neben einer Reduzierung der Dichte in klimatisch sensiblen Bereichen ist auf eine flächensparende Bauweise, insbesondere auch bei Gewerbegebieten, hinzuwirken. Dichtekonzepte, die eine „Entdichtung“ erfordern, können mit Instrumenten des Stadtumbaus verknüpft werden (siehe auch Maßnahme „Durchführung von Stadtumbaumaßnahmen zur klimaangepassten Siedlungsentwicklung“). *Zuständigkeit*: Kommunen, insbesondere Stadtentwicklungsplanung, Grünordung *Betroffene Akteure*: Grundstücksbesitzer, Bauherren, Investoren etc. *Zeithorizont/Dringlichkeit*: kurzfristig/hoch
Beachtung der Durchlüftung bei der Festsetzung baulicher Anlagen: Bauliche Hindernisse in Kaltluftleitbahnen sind zu vermeiden. Dafür können bauleitplanerische Vorgaben zur Höhe, Stellung und/oder strömungsgünstigen Ausgestaltung baulicher Anlagen (je nach lokalen Bedingungen) gemacht werden, um eine klimaangepasste Bebauung zu gewährleisten. *Zuständigkeit*: Bauleitplanung, Kommunen *Betroffene Akteure*: Grundstücksbesitzer, Bauherren, Investoren *Zeithorizont/Dringlichkeit*: kurzfristig/räumlich differenziert

Maßnahmen zur Begrünung bzw. Entsiegelung von Flächen oder baulichen Anlagen / Siedlungsgrün
Begrünung von Flächen sowie Dächern und Fassaden baulicher Anlagen Die Verdunstung von Pflanzen trägt zur Abkühlung bei, begrünte Flächen dienen der Versickerung von Niederschlag. Der Entsiegelung und Begrünung von Flächen wie Parkplätzen, Innenhöfen etc. kommt daher maßgebliche Bedeutung zu. Zudem sollten Dächer und Fassaden baulicher Anlagen verstärkt bepflanzt und begrünt werden. Dies kann durch entsprechende Festsetzungen in neu aufzustellenden Bebauungsplänen geregelt werden. Darüber hinaus sollten Bepflanzungen und Begrünungen auch im Bestand hergestellt werden (ggf. auch durch Rückbau- und Entsiegelungsgebot). Es sollten Pflanzen mit einem möglichst hohen Blattflächenindex und Transpirationsrate ausgewählt werden. *Zuständigkeit*: Bauleitplanung, Kommunen; Bauherren, Gebäudeeigentümer, Investoren, Bauwirtschaft *Betroffene Akteure*: Gebäudeeigentümer, Bauherren, Investoren *Zeithorizont/Dringlichkeit*: kurzfristig/räumlich differenziert

Maßnahmen zur klimaangepassten Gestaltung, Ausstattung und Beschaffenheit baulicher Anlagen / Infrastruktur
Soziodemografische und klimatische Kartierung zur Erfassung von Risikogebieten für gesundheitliche Hitzebelastung Um Risikogebiete für gesundheitliche Hitzebelastungen zu erfassen, sind soziodemografische und klimatische Kartierungen von Gebieten mit einer hohen Zahl an Betroffenen vorzunehmen. Diese können sich aus folgenden Schritten zusammensetzen: 1. Erfassung der Überwärmungsgebiete (Erstellung von Klimakarten) 2. Kartierung der Bausubstanz unter dem Aspekt der Dichte der Bebauung, Baujahr, Dämmung, Beschattung, etc. 3. Ermittlung der Verteilung von Risikogruppen (z.B. über 75-Jährige) 4. Überlagerung der Informationen und Erstellung einer Risikokarte. Rückkopplung mit einem integrierten Gesamtentwicklungskonzept. Auf dieser Basis ist die Umsetzung punktgenauer Anpassungsmaßnahmen oder strategischer Umbaumaßnahmen möglich. *Zuständigkeit*: Kommunen, Stadtentwicklungsplanung *Betroffene Akteure*: Bürgerinnen und Bürger, Kommunen *Zeithorizont/Dringlichkeit*: mittelfristig/räumlich differenziert

Maßnahmen zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum
Verschattung und Kühlung im öffentlichen Raum Der öffentliche Raum kann häufig durch einfache Verschattungsmaßnahmen abgekühlt werden. Besonders an Orten, die von großen Teilen der Bevölkerung im Alltag genutzt werden, sind Verschattungselemente von großer Bedeutung (zum Beispiel durch die Sicherung, den Schutz und Neupflanzung von Bäumen oder geeignete Überdachungen von Haltestellen des ÖPNV, Plätzen, Straßen etc.). Zur Begrünung, Umwidmung und Entsiegelung von Flächen wird auf die Maßnahme „Begrünung von Flächen sowie Dächern und Fassaden baulicher Anlagen“ verwiesen. Für Aspekte einer nachhaltigen Verkehrsplanung wird auf Kapitel 3.6.4 „Aufenthaltsqualität sichern und optimieren“ im Handlungsfeld Tourismus und Kapitel 3.9.4 „Lösungen für eine klimaangepasste Verkehrsinfrastruktur“ im Handlungsfeld Wirtschaft und Energiewirtschaft verwiesen. *Zuständigkeit*: Kommunen, Planungsträger, Verkehrsunternehmer etc. *Betroffene Akteure*: Kommunen, Planer *Zeithorizont/Dringlichkeit*: kurzfristig/räumlich differenziert

Maßnahmen zum Einsatz multifunktioneller Instrumente / Weiterentwicklung des raumplanerischen Instrumentariums im Kontext Klimaanpassung
Stärkere Berücksichtigung des Klimawandels bei Raumordnungsverfahren Bei Durchführung eines Raumordnungsverfahrens sollte der Klimawandel und seine Folgen verstärkt zur Begründung von Aussagen zur Raumverträglichkeit von Vorhaben herangezogen werden, beispielsweise über die raumordnerische Umweltverträglichkeitsprüfung. Dies gilt insbesondere bei raumbedeutsamen Planungen mit überörtlicher Bedeutung und umfasst Vorhaben in den Bereichen Siedlungswesen (z.B. Freizeitanlagen), gewerbliche Wirtschaft (z.B. Einzelhandelsgroßprojekte), Verkehr (z.B. Bundesfernstraßen), Energieversorgung (z.B. Kraftwerke) und Entsorgung (z.B. Abfallbeseitigungsanlagen).

Raumbezogene Einzelvorhaben sollten (stärker als bislang) anhand der Anforderungen an eine Klimaanpassung bewertet werden. Im Ergebnis könnten Vorhaben etwa negativ beurteilt werden, wenn sich durch eine Realisierung die Vulnerabilität eines Raums bzw. der darin lokalisierten Schutzgüter voraussichtlich maßgeblich erhöhen würde.

Zuständigkeit: Höhere Raumordnungsbehörden (Regierungspräsidien) *Betroffene Akteure*: Vorhabenträger
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig / Aussage nicht möglich, weil multifunktionelles Instrument

Durchführung von Stadtumbaumaßnahmen zur klimaangepassten Siedlungsentwicklung
Stadtumbaumaßnahmen können die Siedlungsstruktur den Klimafolgen anpassen und einen Beitrag zur Vorsorge bzw. Abwehr oder Minderung von Klimafolgeschäden leisten. Stadtumbaumaßnahmen können prinzipiell für unterschiedliche konkrete Anpassungsmaßnahmen eingesetzt werden, etwa im Zusammenhang mit Rückbaumaßnahmen (siehe auch Maßnahme „Dichtekonzeption zur Sicherung der Durchlüftung und anderer stadtökologischer Qualitäten“) oder der Anpassung der Siedlungsentwässerung (siehe auch Kapitel 3.5 Wasserhaushalt, Maßnahme „Kommunales Risikomanagement „Überflutungsschutz“ umsetzen und integrierte Planungsprozesse für eine wassersensitive Stadtentwicklung etablieren“). Bestehende Gewerbegebiete bieten hohe Aufwertungs- und Anpassungspotentiale (bspw. durch Begrünung von Stellplätzen, Reduzierung der versiegelten Flächen, Nutzungsintensivierung in die Höhe).

Zuständigkeit:, Kommunen, Stadtentwicklungsplanung, ggf. (private) Immobilienbesitzer etc.
Betroffene Akteure: ggf. (private) Immobilienbesitzer, Mieter etc.
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig / Aussage nicht möglich, weil multifunktionelles Instrument

Maßnahmen zur Informationsbereitstellung und Verbesserung der Wissensgrundlagen im Kontext Klimaanpassung

Erhöhung der Anpassungsbereitschaft der an der Planung beteiligten Akteure
Die Bereitschaft aller an der Planung beteiligten Akteure (Planer, Politik, Öffentlichkeit) zur Mitwirkung bei der Klimaanpassung sollte durch Informationsveranstaltungen, Workshops oder Publikationen/Handlungsleitfäden gefördert werden.

Zuständigkeit: Landesregierung, alle Planungsebenen
Betroffene Akteure: alle, die mit der Thematik Klimaanpassung befasst sind, bzw. Einfluss auf diese haben, Bürgerschaft
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurz bist mittelfristig / Aussage nicht möglich weil multifunktionelles Instrument

Exkurs – Städtebauförderung

Die Städtebauförderung dient seit mehr als 40 Jahren in den Städten und Gemeinden des Landes dem Abbau städtebaulicher Missstände und Entwicklungsdefizite sowie einer zeitgemäßen und nachhaltigen Weiterentwicklung gewachsener baulicher Strukturen. Die städtebauliche Erneuerung trägt nach dem Grundsatz „Innenentwicklung vor Außenentwicklung“ maßgeblich zur Reduzierung der Freiflächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke bei. Sie sichert im behutsamen Umgang mit dem baulichen Erbe das Erscheinungsbild der Städte und Gemeinden in Baden-Württemberg. Gerade in baulich vorgenutzten Gebieten werden in erheblichem Maße auch stadtklimatische und energetische Verbesserungen erreicht. Die Städtebauförderung stärkt die örtliche, kommunale Identität und Attraktivität. Sie verbessert die wirtschaftliche Leistungskraft sowie durch ihren umfassenden integrativen Ansatz die soziale Stabilität in den Kommunen.

- Förderschwerpunkte des Programms sind derzeit
- die ganzheitliche ökologische Erneuerung mit den vordringlichen Handlungsfeldern Energieeffizienz im Altbaubestand, Verbesserung des Stadtklimas, Reduzierung von Lärm und Abgasen, Aktivierung der Naturkreisläufe in den festgelegten Gebieten,
- die Stärkung bestehender Zentren, Profilierung der kommunalen Individualität, Sicherung und Erhalt denkmalpflegerisch wertvoller Bausubstanz,
- die Sicherung und Verbesserung des sozialen Zusammenhalts und der Integration durch Erhaltung und Aufwertung des Wohnungsbestandes sowie des Wohnumfeldes in Wohnquartieren mit negativer Entwicklungsperspektive und besonderem Entwicklungsbedarf - insbesondere in Gebieten mit benachteiligten Bevölkerungsgruppen,
- Maßnahmen zur Anpassung vorhandener Strukturen an den demografischen Wandel (z. B. Maßnahmen zur Erreichung von Barrierefreiheit im öffentlichen Raum, altersgerechter Umbau von Wohnungen),
- die Neustrukturierung und Umnutzung baulich vorgenutzter Brachflächen, insbesondere bisher militärisch genutzter Gebäude und Liegenschaften sowie Industrie-, Gewerbe- und Bahnbrachen, für andere Nutzungen, z. B. den Wohnungsneubau, Gewerbe und hochwertige Dienstleistungen,
- die Stabilisierung und Aufwertung bestehender Gewerbegebiete, um den Wirtschaftsstandort Baden-Württemberg zu stärken.

Ein ausdrücklicher Fördervorrang wird Kommunen gewährt, deren Handlungsfelder aus einer kommunalen Energiekonzeption abgeleitet sind, soweit diese ein Bestandteil eines integrierten Stadtentwicklungskonzeptes ist.

Die Grundsätze der städtebaulichen Sanierungsmaßnahmen sind in den §§ 136 ff des BauGB festgeschrieben. Danach ist die Vorbereitung und Durchführung der städtebaulichen Erneuerungsmaßnahmen Aufgabe der Gemeinde, die auch das Planungsrecht hat. Nur die Gemeinde, die im Übrigen einen mindestens 40-prozentigen Eigenanteil zu bringen hat, entscheidet darüber, welche Gebäude mit welcher Intensität erneuert, umgenutzt und im Einzelfall auch neu gebaut werden.

In den letzten 40 Jahren wurden den Städten und Gemeinden insgesamt rund 5,46 Mrd. € an Landesmitteln und 1,23 Mrd. € an Bundesfinanzhilfen bewilligt. Im Jahr 2015 konnte das Land 205Mio. Euro Bundes- und Landesmittel für die städtebauliche Erneuerung zur Verfügung stellen. Die Kommunen haben durch ihren kommunalen Eigenanteil ebenfalls erheblich

zur Finanzierung der städtebaulichen Erneuerung beigetragen. In den städtebaulichen Erneuerungsprogrammen sind insgesamt 851 Städte und Gemeinden Baden-Württembergs (von derzeit 1.101 Kommunen = 77 %) mit zusammen 2.993 Erneuerungsgebieten gefördert worden. Die finanziellen Aussichten der Städtebauförderung für die kommenden Jahre sind im Ganzen zufriedenstellend. Im Entwurf des Doppelhaushalts für die Jahre 2015/16 des Landes ist es gelungen, das derzeitige Fördermittelniveau zu verstetigen. Für das Jahr 2015 sollen 126,9 Mio. Euro und für das Jahr 2016 sollen 126 Mio. Euro für die Städtebauförderungsprogramme zur Verfügung stehen. Der Bund wiederum hat für die Jahr 2014 und 2015 seine Mittel für die Städtebauförderung auf bundesweit 700 Mio. Euro erhöht. Erfreulicherweise hat der Bund signalisiert, dieses Niveau in den kommenden Jahren halten zu wollen. Wir gehen davon aus, dass auch in den kommenden zwei Jahren jeweils 650 Mio. Euro bundesweit für die bewährten Programmteile des Bundes zur Verfügung stehen werden sowie 50 Mio. Euro für das Sonder-Bundesprogramm Nationale Projekte des Städtebaus.

Damit ist die Städtebauförderung zwar das am nachhaltigsten und breitesten für den Klimaschutz wirkende Förderprogramm des Landes. Es kann allerdings auch zu Konfliktfällen zur Klimaanpassung kommen. So kann beispielsweise eine Innenentwicklung brach liegender Flächen das Stadtklima belasten, wenn nicht gleichzeitig für einen notwendigen Ausgleich Sorge getragen wird. Eine alle Aspekte berücksichtigende Städteplanung gewinnt deshalb zunehmend an Bedeutung.

3.9. Wirtschaft und Energiewirtschaft

3.9.1. Bedeutung, Funktionen und Ziele

Die Folgen des Klimawandels können sowohl Risiken als auch Chancen für die Wirtschaft in Baden-Württemberg beinhalten. Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW 2008) hat berechnet, dass sich die volkswirtschaftlichen Kosten der Klimafolgen für Baden-Württemberg in den nächsten 40 Jahren auf rund 130 Mrd. € belaufen könnten, der im Ländervergleich Deutschlands höchste Wert. Das diesen Zahlen zugrunde liegende Szenario geht von einem verhältnismäßig starken Anstieg der Durchschnittstemperaturen um bis zu 4,5°C bis zum Jahr 2100 aus. Aber selbst bei einem niedrigeren Anstieg ist mit erheblichen Folgen und auch Kosten zu rechnen.

Gleichzeitig eröffnen sich besonders der baden-württembergischen Wirtschaft mit ihrem hohen Innovationspotenzial auch neue Chancen durch den Klimawandel: So können Produkte wie eine effizientere Gebäudekühlung oder Dienstleistungen zur Anpassung entwickelt werden, die in Zukunft stärker nachgefragt werden. Sowohl die Absicherung gegen Risiken, als auch die Nutzung der Chancen setzt eine frühzeitige Beschäftigung mit den zu erwartenden Entwicklungen voraus.

Um eine erfolgreiche Anpassungsstrategie für die verschiedenen Branchen zu entwickeln, müssen möglichst die genaue Betroffenheit, die Handlungsoptionen und der etwaige Unterstützungsbedarf der Wirtschaft bekannt sein. Das Umweltministerium entschloss sich deshalb in Absprache mit dem Wirtschaftsministerium für die Durchführung Stakeholder-Konsultation: Vertreterinnen und Vertreter aus der Wirtschaft und Verbänden des Landes sowie aus Expertenorganisationen wurden eingeladen, bei einer Online-Umfrage und dem sich anschließenden eintägigen Workshop "Fit machen für den Klimawandel – Herausforderung für die Wirtschaft Baden-Württembergs“ im Jahr 2013 teilzunehmen.

An „Branchentischen“ wurden die Erfahrungen der Teilnehmer im aktuellen Umgang mit Chancen und Risiken des Klimawandels erfasst, etwaige Handlungsoptionen aufgezeigt sowie Unterstützungsmöglichkeiten von Seiten der Landesregierung benannt. Folgende für das Land wichtige Branchen wurden beteiligt: Automotive, Bauwirtschaft, Chemie und Pharmazie, Energiewirtschaft, Handel und Dienstleistungen, Logistik und Verkehr, Maschinen- und Anlagenbau sowie die Versicherungs- und Finanzwirtschaft. Die Ergebnisse und Aussagen sind zwar nicht repräsentativ für die gesamte Wirtschaft des Landes. Sie geben aber dennoch einen selektiven Einblick in den Kenntnisstand einzelner Branchen der Wirtschaft zum Themenbereich Anpassung an den Klimawandel.

3.9.2. Wirksame Klimafaktoren

Veränderungen der Temperatur, der Niederschläge und Extremereignisse sind die Klimafaktoren, die sich besonders stark auf die verschiedenen Wirtschaftssektoren auswirken. Insbesondere wasser- und stromintensive Branchen können von graduellen Veränderungen der Temperatur und Niederschlagsmengen in Baden-Württemberg beeinflusst werden. Der erwartete Anstieg der Durchschnittstemperatur um 0,8 bis 1,7°C in den nächsten 40 Jahren mit überdurchschnittlichen Anstiegen in der Rheinebene und die zugleich erwartete Häufung und Verlängerung von Trockenperioden im Sommer kann zu häufigeren Niedrigwassersituatio-

nen in den Sommermonaten führen. Niedrige Wasserpegel in den Flüssen haben bereits in der Vergangenheit zu teilwiese Verzögerungen im Betriebsablauf von Unternehmen geführt. Direkt betroffen waren insbesondere Kraftwerke, die das Flusswasser zur Kühlung nutzen. Aber einige Unternehmen spürten auch indirekte Folgen oder Verzögerungen bei Lieferungen über den Schiffsweg.

Auch die Wetterextreme können sich in der Zukunft häufen und verschärfen. Relativ höhere Temperaturen und Luftfeuchtigkeit erhöhen zudem das Gewitter- und Hagelpotenzial. Stürme, Hagel oder Hochwasser und Überschwemmungen verursachen Schäden an Unternehmensgebäuden und Maschinen, an Fahrzeugen und Transportwegen oder an forst- und landwirtschaftlichen Anbauflächen, zum Beispiel für Biomasse. Bei unzureichenden Vorkehrungen kann sich die Unfallgefahr für die Beschäftigten erhöhen.

Es ist zu erwarten, dass die Zahl der Sommertage im Landesmittel von derzeit 30 pro Jahr auf 40 Tage in der nahen Zukunft bzw. auf über 62 Tage in der fernen Zukunft erhöht. Die Kühlgradtage steigen in der nahen Zukunft um 48 Kühlgradtage(Einheit Kelvin mal Tage), in der fernen sogar um 231 Kühlgradtage. Hitzewellen werden demnach an Häufigkeit und Intensität zunehmen. Dies kann dazu führen, dass die Produktivität der Beschäftigten sinkt, Maschinen schneller überhitzen oder höhere Stromkosten für die Kühlung entstehen. Aufgrund der Variabilität des Klimas und der Komplexität der Wirtschaft ist eine detaillierte Risikoanalyse für die Wirtschaft schwierig. Um trotzdem wirksame Anpassungsmaßnahmen zu finden, kann eine standortbezogene Risikoanalyse für Unternehmen deshalb hilfreich sein.

3.9.3. Vulnerabilität und Auswirkungen

Die Wirtschaft Baden-Württembergs ist äußerst heterogen strukturiert. Aussagen zur Betroffenheit, Anpassungskapazität und dem Handlungsbedarf lassen sich bestenfalls für einzelne Unternehmen oder Branchen formulieren, nicht für „die“ Wirtschaft als Ganzes. Wie stark ein Unternehmen von den Folgen des Klimawandels betroffen ist, lässt sich letztlich nur durch genaue Analyse des Unternehmens, seiner Standorte, Prozesse, logistischen Kette und Märkte bestimmen. Dennoch lassen sich von den Merkmalen einzelner Branchen typische branchenspezifische Risiken und Chancen für Unternehmen ableiten. Auch die Verteilung von Risiken und Chancen ist zwischen den Branchen unterschiedlich. Bestehende Erkenntnisse legen nahe, dass es eine Reihe von Risiken gibt, die für nahezu alle konsultierten Sektoren eine Rolle spielen:

- geringere Produktivität, erhöhte Fehlerquoten und vermehrte krankheitsbedingte Ausfälle der Beschäftigten in Zeiten extremer Hitze;
- ein erhöhter Verbrauch von Energie und ggf. Wasser zur Kühlung von Räumen und Maschinen in Hitzeperioden – und damit einhergehende erhöhte Kosten;
- Schäden an gelagerten Gütern durch Extremwetter;
- Produktions- und/oder Auslieferverzögerung wegen einer beschädigten Transportinfrastruktur (Lieferverzögerungen; Anreiseprobleme der Beschäftigten);
- Reputationsverlust bei den Kunden, wenn klima- bzw. wetterbedingte Einflüsse zu Qualitätsverlusten oder Auslieferungsverzögerungen der Produkte führen;
- sinkende Absatzchancen, wenn die Unternehmen ihre Angebotspalette nicht auf klimabedingte Nachfrageänderungen abstimmen.

Die Höhe des jeweiligen Risikos kann sich zwischen den Branchen erheblich unterscheiden.

Auch Klimafolgen in anderen Regionen der Welt können baden-württembergische Unternehmen beeinflussen, wenn zum Beispiel die Lieferungen von Zulieferern ausfallen, weil diese von einer schweren Überflutung getroffen wurden. Es könnten durch den Klimawandel aber auch eine erhöhte Nachfrage nach wassereffizienten Kühlsystemen baden-württembergischer Hersteller und dadurch positive Effekte entstehen. Unternehmen müssen bei der Analyse der wirksamen Klimaparameter daher nicht nur die Klimaänderungen an den baden-württembergischen Standorten, Transportrouten und Zulieferstätten betrachten, sondern ggf. auch die Klimaparameter sowie deren direkte und indirekte Auswirkungen in zentralen Zuliefer- und Absatzländern.

Wirkungsbereiche der Klimawandelfolgen auf Unternehmen

Um die Vulnerabilität eines Unternehmens von den Folgen des Klimawandels systematisch zu erfassen, ist es hilfreich, verschiedene Wirkungsbereiche der Klimafolgen zu unterscheiden. In der hier zugrunde liegenden Methodik wurden acht Wirkungsbereiche unterschieden (siehe Tab. 1). Insbesondere für größere Konzerne kann eine noch differenziertere Betrachtung sinnvoll sein, um zum Beispiel Auswirkungen auf Aktionäre oder auf Aktivitäten von Nichtregierungsorganisationen oder kritische Konsumenten gezielt in den Blick zu nehmen.

Tab. 3.9.1: Wirkungsbereiche des Klimawandels aus Unternehmensperspektive

Wirkungsbereich	Beispiele an Auswirkungen (A.)
Gebäude / Infrastruktur auf dem Werksgelände	*direkte A.:* Dachschäden durch Hagel *indirekte A.*: Überlaufen der Abwasserkanäle, weil die örtliche Kanalisation überflutet ist
Prozesse	*direkte A.:* Ausfall von Maschinen aufgrund von Hitze *indirekte A.*: eingeschränkte Produktion wegen niedrigen Grundwasserspiegels am Standort
Logistik und Lagerung	*direkte A.:* Schimmelbefall bei gelagerten Produkten nach Überflutung *indirekte A.:* Überlastetes Lagerhaus, weil das Transportunternehmen den Standort nicht erreichen kann
Beschäftigte	*direkte A.:* Höhere Zahl an Betriebsunfällen während Hitzewellen *indirekte A.:* Anstieg von Krankschreibungen aufgrund von Infektionen durch verunreinigtes Trinkwasser im Zuge eines Hochwassers; Angestellte können aufgrund von Hochwasser / Infrastrukturschäden die Arbeitsstätte nicht erreichen
umliegende Gemeinden	*indirekte A.:* Proteste umliegender Gemeinden, weil während eines Unwetters chemische Substanzen ins Grundwasser gelangt sind
rechtliche Rahmenbedingungen	*indirekte A.:* schärfere Auflagen zur Kühlung von Brauchwasser vor dem Ablassen in umliegende Gewässer in Hitzeperioden / bei Niedrigwasser

Finanzierung	*indirekte A.:* Erhöhung von Versicherungspolicen, wenn das Risikomanagement gegenüber potentiellen Klimafolgen als schwach eingestuft wird
Kundennachfrage	*indirekte A.:* Rückgang des Absatzes, weil die angebotenen Produkte nicht ausreichend klimaangepasst sind

Der Workshop mit den Wirtschaftsvertreter/innen ergab, dass die befragten Unternehmen in fast allen Branchen und praktisch allen Wirkungsbereichen betroffen sind. Die einzige Ausnahme bilden die Versicherer und Finanzinstitutionen. Für sie entstehen Risiken nur durch Auswirkungen auf ihre Versicherungsnehmer, insbesondere durch die Zunahme von Extremereignissen. Sowohl Schadenshäufigkeit als auch Schadenshöhe durch Stürme, Überschwemmungen und Unwetter steigen in den letzten Jahrzehnten deutlich an.

Nahezu alle befragten Branchen haben bereits Erfahrungen mit Schäden durch Extremwetterereignisse an den eigenen Gebäuden und Anlagen sammeln müssen, insbesondere durch Hochwasser, aber auch durch Hagelfälle (Maschinen- und Anlagenbauer) sowie durch Sturm und Hitze (Logistik und Verkehr). Für die Energiewirtschaft und die Logistik- und Verkehrsbranche betrafen die Schäden auch die weitere Infrastruktur: die Versorgungsnetze im Fall der Energiewirtschaft bzw. die Straßenbeläge, Schienen und Weichen, Brücken sowie Stützbauwerke an Straßen und Bahntrassen wie Hangabsicherungen im Fall der Logistik- und Verkehrsbranche. Für die Zukunft sehen viele Branchenvertreter die graduellen Veränderungen wie steigende Durchschnittstemperaturen und sinkende Niederschlagsmengen in den Sommermonaten als zunehmendes Risiko.

Im Bereich der Produktions- bzw. Umsetzungsprozesse sind nahezu alle Branchen bereits heute mit einem erhöhten Kühlungs- und Klimatisierungsbedarf bei Hitze konfrontiert, der in der Zukunft zu einem wachsenden Risiko wird. Dies gilt zunehmend auch für die Lagerung von Rohstoffen und Gütern. Zudem entsteht besonders für die Chemie- und Pharmabranche ein höherer Entfeuchtungsbedarf, da hohe Temperaturen häufig mit einer höheren relativen Luftfeuchtigkeit einhergehen. Energieengpässe durch Netzschäden im Zuge von Extremwetterereignissen scheinen besonders für Unternehmen der industriellen Produktion (Chemie- und Pharmazie, Maschinen- und Anlagenbau, Automotive) bereits heute ein Thema zu sein. Begrenzungen, Temperaturerhöhungen oder Qualitätsrückgänge beim Brauchwasser aus Flüssen sind hingegen ein Risiko besonders für die Energiewirtschaft, die große Mengen an Kühlwasser braucht, und die Chemie- und Pharmaziebranche, die beim Prozesswasser aus Flüssen auf eine hohe Wasserqualität angewiesen ist. Die Bauwirtschaft und die Logistik und Verkehrsbranche scheinen zudem stark von direkten Unterbrechungen der Abläufe durch Extremwetter betroffen, so in Form von unvorhersehbaren Unterbrechungen am Bau und witterungsbedingten Störungen bei Fahrzeugen, Verkehrswegen oder an Stellwerken.

In Bezug auf die Zulieferketten haben nahezu alle befragten Branchen bereits Lieferausfälle erlebt, wenn aufgrund blockierter Transportwege im Zuge von Extremwetterereignissen die Produktionsstätten nicht erreicht werden konnten; viele Unternehmen sehen dies als ein großes und wachsendes Risiko. Ähnlich haben die meisten Branchen mit Schäden an gelagerten Gütern zu kämpfen, weil diese temperatur- und feuchtigkeitsempfindlich sind und/oder im Außenbereich gelagert werden.

Auch gesundheitliche Einschränkungen der Beschäftigten durch zunehmende Hitzetage sind weit verbreitet: Sie wurden von Vertretern der Energiewirtschaft, der Logistik und Verkehrsbranche, der Branche Automotive und dem Chemie- und Pharmaziesektor benannt und als in der Zukunft weiter wachsendes Risiko herausgestellt. Die Baubranche und der Logistik- und Verkehrssektor erwähnten zudem eine erhöhte Unfallgefahr für die Beschäftigten bei extremen Wetterlagen als Risiko. Ausfälle der Beschäftigten durch blockierte Anfahrtswege bei Extremwetter scheinen nur für wenige Branchen bislang ein nennenswertes Problem.

Die Energiewirtschaft und die Chemie- und Pharmaziebranche erleben bereits, dass sie die Temperaturgrenzwerte zur Rückführung von Kühlwasser in die Flüsse häufiger erreichen. Die Versicherungs- und Finanzbranche sieht sich zudem von einer unzureichenden Prävention von Schäden beispielsweise durch Hochwasser negativ betroffen, da dadurch die Versicherungs- und Investitionsrisiken steigen.

Für zahlreiche Branchen sind Kundenpräferenzen, die sich infolge des Klimawandels verändern, eine neue Herausforderung. Sprunghafte Anstiege der Auftragszahlungen nach Extremwettern schaffen immer wieder Engpässe in der Bauwirtschaft, die die Reputation der Branche in Mitleidenschaft ziehen können. Versicherer beobachten einen steigenden Bedarf an neuen Versicherungsprodukten wie Versicherungen gegen Lieferausfälle, Hochwasserschutz und in der Zukunft auch gegen tropische Krankheiten. Andere Branchen erwarten ähnliche Herausforderungen eher in der Zukunft. Die Energiewirtschaft kann sich einem ansteigenden Energiebedarf in Sommermonaten gegenüber sehen. Nicht zuletzt entstehen durch die Auswirkungen des Klimawandels für viele Branchen Finanzierungsrisiken. Die Logistik- und Verkehrsbranche, die Bauwirtschaft und der Maschinen- und Anlagenbau befürchten, dass ihre Investitionen zur Reparatur und zukünftigen Vermeidung von Schäden durch Extremwetter in der Zukunft deutlich ansteigen könnten. Die Logistik- und Verkehrsbranche hat bereits heute mit Kompensationszahlungen für Strecken- oder Fahrzeugausfälle zu kämpfen. Darüber hinaus befürchten mehrere Branchenvertreter (Automobilwirtschaft, Baubranche, Logistik- und Verkehr, Energiewirtschaft), dass Versicherungen für Extremwetterschäden teurer bzw. Schadensfälle aufgrund der Häufung und/oder schweren Berechenbarkeit nicht versicherbar sein werden. Die Versicherungsbranche bestätigte diese Risiken. Für die Versicherungs- und Finanzbranche selbst wachsen die Geschäftsrisiken, wenn die Infrastruktur und Unternehmensabläufe nicht ausreichend an die Klimawandelfolgen angepasst werden.

In welchem Maße der Klimawandel und seine Folgen zu neuen Marktchancen führen, ist wiederum von Branche zu Branche verschieden. Besonders chancenreich scheinen nach bestehenden Erkenntnissen der Bausektor und die Versicherungs-, Finanz- und Bankenbranche. Für alle Branchen lassen sich allerdings Produkte und Dienstleistungen ausmachen, die im Zuge des Klimawandels stärker nachgefragt werden könnten (vgl. Tab. 3.9.2).

Tabelle 3.9.2: Beispiele branchenspezifischer Marktchancen der Klimaveränderungen

Branche	Marktchancen
Automotive	• hoch-energieeffiziente Automobile; ressourcenschonende und recyclebare Werkstoffe
Bauwirtschaft	• nachhaltige Klimatisierungskonzepte für Gebäude; sturm- und hagelbeständige Konstruktionen
Chemie, Pharmazie	• Komponenten für Energie- und Wassereffizienztechnologien; weniger gefährliche Chemikalien
Energiewirtschaft	• Innovationen für ein resilienteres Stromnetz; Lösungen für dezentrale Energieversorgung
Handel und Dienstleistungen	• Angebot innovativer „angepasster“ Produkte; Wettbewerbsvorteil durch effektives Risikomanagement in der Lieferkette
Logistik und Verkehr	• höhere Transportleistung im Winter durch geringere Schneemengen; innovative Transporttechnologien und Logistikketten
Maschinen- und Anlagenbau	• innovative Technologien für Wasseraufbereitung, Wasserrecycling, integrierte Wassernutzung, Regenwassernutzung etc.
Versicherungs- und Finanzwirtschaft	• neue Versicherungsprodukte für Schäden durch Naturgefahren; Renditechancen bei Anbietern „angepasster“ Produkte

Fazit: Die bei der Stakeholder-Konsultation gewonnen Ergebnisse sind zwar nicht repräsentativ. Insgesamt wird allerdings deutlich, dass nahezu alle Branchen bereits heute in unterschiedlichem Maße von den Folgen des Klimawandels berührt sind. So ist davon auszugehen, dass die meisten Branchen die Auswirkungen von Extremwetterereignissen wie Hochwasser, Stürme, Hagel, Starkregen oder extreme Hitzewellen besonders stark spüren. Dagegen werden die Chancen, die sich für die innovative Wirtschaft Baden-Württembergs ergeben, häufig noch nicht umfassend gesehen und genutzt.

3.9.4. Anpassungsziele und Maßnahmen

Die (nicht repräsentativen) Ergebnisse der Stakeholder-Konsultation und der online-Umfrage legen den Schluss nahe, dass die Risiken und Chancen des Klimawandels in der Wirtschaft des Landes nur teilweise bekannt sind. Dies gilt insbesondere auch für regional differenzierte Informationen über die zu erwartenden Klimaveränderungen und deren Auswirkungen. Darüber hinaus gibt es einen großen Wissensbedarf in nahezu allen Wirkungsbereichen des Klimawandels, sowohl zu entstehenden Risiken als auch zu geeigneten Handlungsoptionen (siehe Tab. 3). Gleichzeitig ist festzustellen, dass einzelne Unternehmen bzw. Branchen sich bereits sehr intensiv mit den zu erwartenden klimatischen Veränderungen auseinandergesetzt haben.

Tabelle 3.9.3: Informationsbedarf hinsichtlich der Betroffenheit von Auswirkungen der Klimaveränderungen (Berechnung aus den Ergebnissen der Online-Umfrage)

Informationsbedarf zu Auswirkungen auf	hoher Bedarf	gewisser Bedarf	nur Detail-fragen	kein Bedarf
Kundennachfrage	36%	46%	7%	11%
regulativen Rahmen	36%	43%	18%	4%
Gebäude / Infrastruktur auf dem Gelände	29%	46%	4%	21%
Investoren / Versicherer	32%	39%	25%	4%
Zulieferketten und Logistik	21%	50%	18%	11%
Beschäftigte	7%	59%	22%	11%
Produktionsprozesse	11%	37%	22%	30%

Betrachtet man einerseits die Anpassungsmaßnahmen, die im Rahmen der Online-Umfrage als bereits umgesetzt genannt wurden, und andererseits die Handlungsoptionen, die im Rahmen des Workshops als verbleibende Aufgaben identifiziert wurden, so ergibt sich folgender Eindruck: Trotz der bereits heute vielfach schon spürbaren Risiken steht die Wirtschaft des Landes bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels in vielen Bereichen noch am Anfang. Dies gilt vor allem für die Identifizierung von Risiken und die Umsetzung konkreter Maßnahmen, um diesen Risiken zu begegnen. Eher kostspielige technische oder infrastrukturelle Maßnahmen sind hier noch rar. Außerdem wird deutlich, dass häufig noch nicht zwischen Risiken und Maßnahmen zum Klimaschutz (z.B. durch höhere Energieeffizienz) und Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel unterschieden wird. Auch bei der Nutzung ihrer Marktchancen durch den Klimawandel ergibt sich auf Grundlage der Online-Umfrage und der Stakeholder-Konsultation der Eindruck, dass die Entwicklung hier noch weitestgehend am Anfang steht.

Anpassungskapazität in den verschiedenen Branchen

In Bezug auf den Wissens- und Umsetzungsstand wurden bei der der Stakeholder-Konsultation klare Unterschiede zwischen einzelnen Branchen in der Wahrnehmung des Klimawandels deutlich, deren Ergebnisse zwar nicht repräsentativ sind, aber doch einen Fingerzeig geben. So ist die Bauwirtschaft sehr unmittelbar mit dem Klimawandel konfrontiert. Auch die Versicherungs- und Finanzwirtschaft entwickelt bereits Produkte und Dienstleistungsangebote, um den Klimaveränderungen gerecht zu werden. Gleichwohl kann insgesamt festgehalten werden, dass bei Wirtschaft und Unternehmen noch in breitem Umfang eine weitergehende Bewusstseinsstärkung hilfreich sein könnte und ein großer Wissensbedarf in Bezug auf den Klimawandel und die sich bereits abzeichnenden Veränderungen besteht.

Mögliche Maßnahmen zur Information der Wirtschaft

Im Rahmen des Workshops erarbeiteten die Vertreter/innen der baden-württembergischen Wirtschaft Empfehlungen an die Landesregierung. Nahezu alle Vertreter der beteiligten Branchen halten es für wichtig, das Bewusstsein für die Notwendigkeit der Klimaanpassung und den Kontext zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung zu schärfen und das Wissen und die Fähigkeiten der Unternehmen zu stärken, damit sie Risiken und Chancen der Klimawandelfolgen identifizieren und entsprechende Anpassungsstrategien entwickeln können. Hierfür notwendig sind entsprechende Werkzeuge zur Strategieentwicklung (z.B. Risikochecklisten und „Anpassungsmanagementsysteme"), Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen sowie der Aufbau und die Nutzung von Austauschplattformen zu guten Praktiken. Mit den folgenden Maßnahmen sollen die Erwartungen soweit wie möglich aufgegriffen werden:

Information und Bewusstseinsbildung
Bewusstseinsbildung und Wissenstransfer Bewusstseinsbildende Maßnahmen und Sensibilisierungskampagnen sind nach Ansicht der Wirtschaft wichtig, um die Unternehmen an die Risiken und Chancen der Klimawandelfolgen heranzuführen. Vor allem kleine und mittelgroße Unternehmen müssten angesprochen werden. Mehrere Sektoren (Automotive, Chemie) wünschen sich ein Analysetool in Form einer Checkliste für Betriebe, mit dessen Hilfe sie die Analyse von Risiken und Chancen der Klimafolgen auf Unternehmensebene umsetzen und entsprechende Anpassungsmaßnahmen beschließen können. Bei der Kommunikation und Umsetzung der Anpassungsstrategie solle der Fokus auf konkrete Einzelthemen wie wachsende Hochwasserrisiken oder die Zunahme von Hitzetagen gelegt werden, statt die weniger greifbare Herausforderung „Anpassung an die Folgen des Klimawandels" in den Mittelpunkt zu stellen. Die Automobilbranche empfiehlt, dass die Landesregierung bei der Kommunikation des Themas gegenüber der Wirtschaft die Klimawandelfolgen gleichzeitig kommunizieren und als Moderator die Anpassungsbemühungen der Wirtschaft unterstützen soll. Bereits vorhandene Informationen sollen besser kommuniziert werden: So unterstützt beispielsweise das Umweltbundesamt mit der Plattform „Klimalotse" Entscheidungsträger bei der Entwicklung einer eigenen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Im Rahmen eines KLIMZUG-Projekts entstand ADAPTUS, ein Klima-Check für Unternehmen. Die „Tatenbank" stellt auf der Homepage des Umweltbundesamtes beispielhafte Anpassungsmaßnahmen unterschiedlicher Akteure vor. *Zuständigkeit*: Land, Kommunen, Wirtschaftsverbände *Betroffene Akteure*: Unternehmen *Zeithorizont/Dringlichkeit*: kurzfristig / hoch
Umsetzungskampagnen starten Um die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen voranzutreiben, könnten Umsetzungskampagnen sowie die Finanzierung von Modell- oder Pilotprojekten, die die Entwicklung innovativer zukunftsfähiger Lösungen und Produkte unterstützen, im Rahmen von KLIMOPASS erfolgen. Nach der Auswertung der Stakeholder-Konsultationen scheinen die folgenden Handlungsbereiche für die Wirtschaft des Landes besonders relevant zu sein: - Nachhaltige Lösungen für den Hochwasserschutz - Lösungen für eine klimaangepasste Verkehrsinfrastruktur (berücksichtigt auch Maßnahmen zur Weiterentwicklung klima- und ressourcenschonender Mobilitätskonzepte) - Lösungen für eine resiliente Energieversorgung (berücksichtigt auch Maßnahmen zur

Verringerung Energieintensität und der Erhöhung der Energieeffizienz)
- Lösungen für eine resiliente Wasserversorgung (berücksichtigt auch Maßnahmen zur Verringerung der Wasserintensität und der Erhöhung der Wassereffizienz)
- Nachhaltige Lösungen zur Kühlung und Klimatisierung (eingebettet in ein breites Konzept vom klimaangepassten Bauen).

Zuständigkeit: Land, Kommunen
Betroffene Akteure: Unternehmen
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig / hoch

Verbesserung der Datenlage
Die Unternehmen sehen die Bereitstellung spezifischer, regional aufgegliederter Daten zu den Klimawandelfolgen als wichtige Aufgabe des Landes. Es liegen bereits umfangreiche Daten vor, wenngleich diese auch nicht für die Beantwortung jeder Einzelfrage ausreichend sind. Um weitere Entwicklungen besser abschätzen zu können, sind zudem Daten zur demographischen Entwicklung wichtig. Land und Kommunen erarbeiten derzeit Hochwassergefahrenkarten für 12.500 km Gewässer nach den Vorgaben der EU-Richtlinie zum Hochwasserrisikomanagement, die im Internet auf der Seite des UMs veröffentlicht sind. Auf Basis der Gefahrenkarten können Unternehmen und Kommunen bewertete Risikokarten für die Schutzgüter Umwelt, Gesundheit, Wirtschaftliche Tätigkeit und Kulturgüter ableiten.
Zu weiteren Folgen des Klimawandels wie beispielsweise Zunahme von Temperatur, Veränderung der Niederschläge oder Kühlgradtagen werden Karten auf der Internetseite der LUBW veröffentlicht. Die Projektionsschärfe (derzeit Daten aus einem 25x25km Raster) soll bei weiteren Berechnungen verschärft werden.

Zuständigkeit: Land
Betroffene Akteure: Unternehmen
Zeithorizont/Dringlichkeit: kurzfristig / hoch

Anpassungsmaßnahmen der Unternehmen

Viele Anpassungsmaßnahmen liegen im direkten Einflussbereich der Unternehmen. Für die einzelnen Branchen haben Unternehmensvertreter und Experten im Workshop Beispiele für Anpassungsmaßnahmen gesammelt:

Tabelle 3.9.4: Genannte Anpassungsoptionen für die Automobilbranche (Übertragung der Arbeitsgruppen-Ergebnisse am Workshop Wirtschaft)

Bereich	Anpassungsoptionen
Management von Auswirkungen des Klimawandels	▲ Wissenstransfer von „klimaextremen“ Standorten
Gebäude / eigene Infrastruktur	◆ Ausrichtung der Gebäude anpassen ◆ Verschattung der Gebäude ★ Begrünung ★ Biotope anlegen ★ Flächen entsiegeln
Prozesse	▲ Kühlkonzepte für neue Gebäude
Logistik und Lagerung	/
Beschäftigte	▲ Schaffung flexiblerer Arbeitszeiten für Büro-Mitarbeiter ▲ Einrichtung zusätzlicher Pausen und entsprechende Anpassung der Arbeitsprozesse
umliegende Gemeinden	▲ Verbesserung der Kommunikation mit benachbarten Kommunen
Finanzierung	▲ Verbesserung der Kommunikation mit den Versicherungen
Markt / Nachfrage	/
weitere Bereiche	/

◆ „graue“, technische Maßnahmen (dienen v.a. der Anpassung von Gebäuden und unternehmenseigener Infrastruktur)

★ „grüne“, ökosystembasierte Maßnahmen

▲ „weiche“, verhaltensbezogene, managementorientierte und politikbezogene Maßnahmen (reichen von der Schaffung flexiblerer Arbeitszeiten und zusätzlicher Pausen für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Hitzeperioden bis hin zur Entwicklung von Kühlkonzepten für neue Gebäude, dem Wissenstransfer von klimaextremen Standorten der Branche bis hin zu einer verbesserten Kommunikation mit relevanten Stakeholdern wie Kunden, Standortkommunen und Versicherungen.

Fazit:
Die Konsultation zeigt: es besteht ein hohes Interesse an Informationen zum Klimawandel und Möglichkeiten der Anpassung. Eine umfassende Anpassungsstrategie ist jedoch noch bei kaum einer Branche erkennbar.
Die Vertreter/innen der Wirtschaft entwickelten im Workshop zahlreiche Einzelvorschläge für geeignete Anpassungsmaßnahmen. Die Landesregierung sollte durch Information, Vernetzung und Investitionsanreize Bürger, Verwaltung und Wirtschaft bei der Klimaanpassung unterstützen. Die Anpassungsmaßnahmen sollten auf unterschiedlichen Verwaltungs- und Regierungsebenen des Landes effektiv koordiniert werden, um Doppelungen und Widersprüche zu vermeiden. Des Weiteren sollten Maßnahmen kommunen- und länderübergreifend entwickelt und durchgeführt werden.

4. Umsetzung und Ausblick

Beteiligung der Öffentlichkeit bei der Entstehung der Anpassungsstrategie ….

Mit der Anpassungsstrategie liegt für Baden-Württemberg erstmals ein umfassendes Bündel an Empfehlungen und Maßnahmen für relevante und besonders vom Klimawandel betroffene Bereiche vor. Die Landesregierung hat die vorliegende Strategie im Zusammenwirken mit vielen Akteuren aus Verwaltung, Wissenschaft und Praxis erarbeitet. Viele wertvolle Beiträge haben zu dieser Gesamtstrategie geführt. Die Beteiligung der zuständigen und betroffenen Akteure ist ein wichtiger Beitrag zur Sensibilisierung für das Thema Klimawandel sowie für die Akzeptanz von notwendigen Anpassungsmaßnahmen.

Ein erster wichtiger Schritt in diese Richtung ist bereits bei der Schaffung der fachlichen Grundlagen erfolgt. Mit der Einrichtung der Ressortarbeitskreise zur Begleitung der Arbeiten an den Fachgutachten bzw. der Durchführung einer Stakeholder-Konsultation für den Bereich Wirtschaft und Energiewirtschaft wurden zahlreiche Fachleute aus Wissenschaft, Verbänden und Verwaltung einbezogen.

Im November 2014 wurde auf dem Kongress „Dem Klimawandel begegnen: Baden-Württemberg wird aktiv“ der Arbeitsentwurf der Anpassungsstrategie vorgestellt und in einem erweiterten Kreis von Fachleuten gemeinsam mit rund 130 Betroffenen aus den verschiedenen Handlungsfeldern die Maßnahmenpakete diskutiert.

Im Weiteren wurde der Arbeitsentwurf den Bürgerinnen und Bürgern über das Beteiligungsportal des Landes zugänglich gemacht. Mit der Umfrage „Was halten Sie vom Klimawandel“ sollten Hinweise gewonnen werden, wie die Bürger den Klimawandel und die Folgen für Baden-Württemberg einschätzen. 361 Personen haben Ende 2014 an der nicht repräsentativen Umfrage teilgenommen und die Möglichkeit genutzt, erste Erwartungen an die Landesregierung im Bereich Anpassung zu äußern.

Nach Sichtung der Rückmeldungen anlässlich des Kongresses und der Umfrage wurde der Entwurf überarbeitet und mit den zuständigen Ressorts abgestimmt. Der finalisierte Entwurf wurde nach Freigabe den Verbänden zur Anhörung vorgelegt. und parallel dazu im Beteiligungsportal des Landes allen Bürgerinnen und Bürgern zur Einsicht und Kommentierung bereitgestellt.

… und ihre Inhalte

Die Anpassungsstrategie Baden-Württemberg ist kein Leitplan, der verbindlich Handlungen vorschreibt oder untersagt, sondern enthält Empfehlungen und Umsetzungsvorschläge für die betroffenen Akteure quer durch alle Handlungsfelder. Aufgrund der Komplexität und Abhängigkeit der Maßnahmen untereinander können die Maßnahmen nicht abschließend sein. Hinzu kommen auch Unsicherheiten des Ausmaßes der Wirkungen aufgrund der weiteren Klimaentwicklung.

Die vorliegende Anpassungsstrategie geht für die Wirkungen von einem mittleren Emissionsszenario aus. Aufgrund der derzeitigen Emissionen ist es aber durchaus möglich, dass

sich die Wirkungen noch verstärken, wenn es nicht gelingt die Treibhausgasemissionen schnell und drastisch zu senken.

Es obliegt nunmehr den fachlich zuständigen Ressorts, die in den Handlungsfeldern beschriebenen Maßnahmen zu konkretisieren. Das Maßnahmenspektrum reicht von der weitgehend kostenneutralen Berücksichtigung der Erkenntnisse zum Klimawandel in der üblichen Verwaltungspraxis (Beispiel: Aufforstung im Staatswald; Beratung der Waldbesitzer) bis zu einem erhöhten Handlungsbedarf bei der Durchführung von Hochwasserschutzmaßnahmen (Beispiel: bei der Berücksichtigung des „Lastfalls Klimawandel"). Deshalb müssen für jede Maßnahme gesondert der Kostenaufwand, die Wirtschaftlichkeit sowie die Verhältnismäßigkeit überprüft werden. Dabei ist es Sache der jeweils fachlich zuständigen Ressorts, auch zu prüfen, ob die Konnexität eintritt und welche Folgerungen zu ziehen sind. Die Umsetzung der Maßnahmen erfolgt unter Berücksichtigung des Ziels einer nachhaltigen Finanzpolitik, d.h. im Rahmen vorhandener Haushaltsmittel - gegebenenfalls durch Priorisierung.

Ergänzend und unterstützend wird das Land das ressortübergreifende Programm KLIMOPASS fortführen. Mit dem Förderprogramm „KLIMOPASS" können ungeklärte Fragen im Themenfeld Klimawandel bearbeitet werden. Insbesondere Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie modellhafte Ansätze zur Anpassung an den Klimawandel in Kommunen, aber auch kleinen und mittleren Unternehmen können im Rahmen des Programms gefördert werden.

Bei der Umsetzung von Handlungsempfehlungen der Anpassungsstrategie sind Zielkonflikte nicht auszuschließen. Ein Beispiel hierfür ist das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung, wo das Ziel der Innenentwicklung (vor Außenentwicklung) dem Erhalt von Flächen zur thermischen Entlastung gegenüberstehen kann. Generell können solche Zielkonflikte nicht abstrakt gelöst werden, sondern bedürfen der planerischen Abwägung im Rahmen einer integrierten Betrachtung vor Ort.

Monitoring

Neben der Umsetzung einzelner Maßnahmen ist es aber auch erforderlich, ein Monitoring aufzubauen, das nicht nur die weitere Entwicklung des Klimas, sondern auch die weiteren Folgen der Klimaveränderungen und die Wirksamkeit der Anpassungsmaßnahmen in den verschiedenen Handlungsfeldern erfasst. Nur so lässt sich die Anpassungsstrategie weiterentwickeln und sicherstellen, dass die erforderlichen Maßnahmen erfolgreich und rechtzeitig umgesetzt werden.

Das Monitoring der Anpassungsstrategie ist Teil der regelmäßigen Berichterstattung der Landesregierung über die fortschreitenden Erkenntnisse zum Klimawandel, die eingeleiteten Maßnahmen und die dabei erzielten Ergebnisse. Ab 2016 sollen dabei die wesentliche Folgen des Klimawandels für Baden-Württemberg sowie Umsetzung und Wirkung wichtiger Anpassungsmaßnahmen, in einem dreijährlichen Rhythmus betrachtet werden(§ 9 KSG BW). Das Monitoring wird gemeinsam von den Ressorts unter Federführung des Umweltministeriums entwickelt werden. Dabei kann auf Vorarbeiten im Land und im Rahmen der „Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel" (DAS) zurückgegriffen werden.

Maßnahmenübersicht

Wald- und Forstwirtschaft			
Erhaltung vitaler, stabiler und anpassungsfähiger Wälder ("klimagerechter Waldbau"): Erfüllung der verschiedenen Waldfunktionen unter standortklimatischen Veränderungen			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Methoden zur Dynamisierung der Baumarteneignungsbeurteilung: Quantifizierung von Standorteigenschaften in Modellen als zentrale Grundlage für zukünftige waldbauliche Planung	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, MLR	ForstBW, LUBW, weitere Landesbehörden, Waldbesitzer	kurzfristig, dringlich
Entwicklung eines Beratungskonzepts für Waldbesitzer: Erhalt notwendiger Informationen zur Anpassung der Wälder an Klimawandel	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, ForstBW, MLR, Forstkammer	Landesregierung, LUBW, Interessenverbände, Waldbesitzer, forstliche Vereinigungen, Forstkammer	kurzfristig, dringlich
Monitoring von Schadorganismen: Optimierung von Monitoring-Systeme zur zeitnahen und raumbezogenen Erfassung heimischer und gebietsfremder Schadorganismen	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, MLR	Landesregierung, ForstBW, LUBW, Gesundheitsbehörden, Interessenverbände, Waldbesitzer, forstliche Vereinigungen	kurzfristig, dringlich
Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und Förderung der Durchwurzelung: Vermeidung von Bodenverdichtung, standortdifferenzierte Bodenschutzkalkung	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, ForstBW, MLR	Landesregierung, Naturschutzbehörden, Interessenverbände, Waldbesitzer, forstliche Vereinigungen	kurzfristig, mittel
Maßnahmen zur Erhaltung einer wirtschaftlichen Holznutzung			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Entwicklung eines umfassenden Entscheidungsunterstützungssystems: Berücksichtigung naturaler (Baumartenwahl, Resilienz) und forst-betrieblicher Zieldimensionen (ökonomi-	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, MLR, Universitäten	Landesregierung, ForstBW, LUBW	kurzfristig, dringlich

sche Ziele, Risikoaversion etc.)			
Waldbauliche Maßnahmen zur Verringerung klimawandelbedingter Risiken: Förderung von Resistenz und Resilienz durch Naturverjüngung, Jungbestandpflege, Durchforstung, Waldumbau und waldbauliche Präventionsmaßnahmen	ForstBW, Waldbesitzer	Landesregierung, MLR, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Interessenverbände, Waldbesitzer, forstliche Vereinigungen	kurzfristig, dringlich
Optimierte Nutzung von Laubholz: Förderung der stofflichen Nutzung von Laubhölzern durch technologische Innovationen sowie Entwicklung effizienterer Be- und Verarbeitungsmethoden; Überprüfung und Optimierung zwischen stofflicher und energetischer Holznutzung	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Universitäten und Hochschulen des Landes mit holztechnischer Ausrichtung, MLR, Finanz- und Wirtschaftsministerium	Landesregierung, ForstBW, Interessenverbände	mittelfristig, dringlich
Maßnahmen zur Sicherung der Funktionen des Waldes als Lebensraum: Reduktion von Einflussfaktoren durch den Mensch; Kompensation negativer, klimabedingter Auswirkungen durch Verbesserung, Vergrößerung und Neuanlage von Habitaten			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Sicherung und Wiederherstellung von Wanderungsbewegungen und Arealverschiebungen durch Umsetzung und Weiterentwicklung des Generalwildwegeplans (GWP): Klimawandeldynamisierte Modellierung der Habitateignung und Artenverbreitung derjenigen Arten mit besonderem Schutzstatus	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Fachabteilungen der Regierungspräsidien, ForstBW, MLR	Landesregierung, ForstBW, FVA, LUBW, Landwirtschafts-, Naturschutz- und Wasserbehörden, Interessenverbände, Waldbesitzer, forstliche Vereinigungen	kurzfristig, dringlich
Pflegemaßnahmen zur Stabilisierung besonders durch den Klimawandel bedrohter Lebensräume: Optimierung der Baumartenzusammensetzung und Bestandsstruktur, um die bedrohten Lebensräume möglichst lange zu erhalten; Identifizierung konkreter Flächen durch ökologische Verbreitungsmodelle	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Fachabteilungen der Regierungspräsidien, ForstBW, MLR	Landesregierung, ForstBW, LUBW, Landwirtschafts-, Naturschutz- und Wasserbehörden, Interessenverbände, Waldbesitzer, forstliche Vereinigungen	kurz- bis mittelfristig, dringlich

Landwirtschaft			
Ackerbau			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Konservierende Bodenbearbeitung anwenden und ausdehnen: Minderung von Erosion und Schonung von Bodenwasservorräten und Bodenleben	Landwirtschaftsverwaltung über Beratung und Kontrolle der Erosionsminderungsmaßnahmen	Landwirte, Gartenbauer, Berater, Agrartechnik	kurzfristig, mittel
Fruchtfolge erweitern und verschiedene Sorten pro Kulturart anbauen: Risikostreuung durch Verwendung mehrgliedrigen Fruchtfolge und mehrerer Sorten	Landwirtschaftsverwaltung, Landesanstalten	Landwirte, Verarbeiter, Berater, Pflanzenzüchter, Versicherungen	kurzfristig, mittel
Pflanzenschutz			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Etablierte und neu auftretende Schaderreger überwachen und Vorsorge treffen: Aufbau eines Frühwarnsystems durch intensive Überwachung; Prognosen zum Auftreten der Schaderreger und Beratung zu Abwehrmaßnahmen	Landwirtschaftsverwaltung und Institutionen der angewandten Forschung auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene, Kontrollbehörden	Forschung, Pflanzenschutzberatung, Landwirte, Winzer, Obstbauern, Gartenbauer, Verbände, staatliche Behörden, Bevölkerung	kurzfristig, hoch
Frostschutzmaßnahmen ausbauen: Standortgerechte Arten-/Sortenwahl; Durchführen von Schutzmöglichkeiten (Vlies, Frostschutzberegnung)	Landwirte, Obstbauern	Landwirte, Obstbauern, Wasserwirtschaft	mittelfristig, hoch
Wertvolle Kulturen vor Hagel und Starkregen durch Überdachungssysteme und Risikominimierung schützen	Landwirte, Gartenbauer, Obstbauern, Winzer, Bund (Risikorücklage)	Landwirte, Winzer, Obstbauern, Gartenbauer, Beratung, Banken, Verbände, Kommunen, Versicherungen, DWD	mittelfristig, hoch

Acker-, Garten-, Obst- und Weinbau			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Bewässerung aufbauen und Verfahren optimieren: Erfassung der Wasservorräte und Prüfung zukünftiger Wasserverfügbarkeit, ressourcenschonende Erschließung notwendiger Infrastruktur und Nutzung, technische Optimierung der Bewässerungsverfahren	Landwirtschaftsverwaltung, Wasserwirtschaft, Landwirtschaftsverbände	Landwirtschafts- und Wasserwirtschaftsverwaltung, Wasserwirtschaft, Hersteller und Handel, Landwirte, Gartenbau, Gemeinden	mittelfristig, hoch
Sortenspektrum anpassen: Anbau geeigneter Sorten bezüglich Klimaveränderungen (Folgen für Vegetationsverlauf, Krankheitsdruck); Klimaaspekt bei Züchtung stärker berücksichtigen; Marktanpassung	Landesanstalten, Sortenämter, Saatgutunternehmen, Handel	Winzer, Obstbauern, Gärtner, Landwirte, Verbände, staatliche Behörden, Pflanzenzüchter, Berater, Handel und Bevölkerung (Markt)	kurzfristig, hoch
Gartenbau			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Die Klimaführung und die Kulturfolge gartenbaulicher Kulturen anpassen: Entwicklung neuer Anbauverfahren und Sortimentszusammenstellungen; Optimierung von Bewässerungs- und Düngungsverfahren	Landesanstalten, Forschungseinrichtungen	Gartenbauberatung, Gartenbaubetriebe, Züchter, Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt, Universität Hohenheim	kurzfristig, hoch
Grünland			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Intensiv genutztes Grünland gezielt verbessern (lückige Grünlandnarben verbessern): Neue, trockenheitsverträglichere Pflanzenarten, andere Düngesysteme und gezielte Maßnahmen der Folgenutzung; Erprobung der Methoden und Übergabe in Praxis	LAZBW, Landratsämter bzw. Beratungsdienste für Rinderhaltung	Produktionsbetriebe, Pflanzenzüchter, LAZBW, Universität Hohenheim	ständig, kurzfristig realisierbar

Schweinehaltung			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Wärmebelastung für Schweine bei Stallneubauten und in bestehenden Ställen und bei Stallneubauten vermindern: Geeignete Standortwahl, energieeffiziente Bauweise, ressourceneffiziente Kühlsysteme, Ausläufe mit geeigneten Beschattungen	Landwirtschaftsverwaltung, Landratsämter bzw. Beratungsdienste und Erzeugerringe für Schweinehaltung, Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg	Schweinehalter, Stallbaufirmen	kurzfristig, mit Zusatzkosten für Betriebe verbunden

Boden			
Flächenmanagement			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Reduzierung der Flächeninanspruchnahme: Fortführung und ggf. Ausbau von Förderprogrammen zur effizienteren Nutzung innerstädtischer Flächen, einer verstärkten Innenentwicklung und Flächenrecycling sowie im Straßenbau durch Erhaltung und Ausbau statt Neubau	Landesministerien, Planungsebene Landesplanung; Baurecht, flächenrelevante Fachplanungen, Planungsebene kommunale Bauleitplanung	Land, Kommunen, Bauherren, Wohnungsbaugesellschaften, Investoren	kurzfristig, hoch
Stärkere Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit von Böden bei Planungsverfahren: Schutz und Erhalt leistungsfähiger Böden als natürliche Lebensgrundlage; Berücksichtigung der Ergebnisse der Flurbilanz als Maß für Ertragsfähigkeit, Bodenfunktionsbewertung sowie Klimaschutzrelevanz; Lenkung der Eingriffe auf weniger leistungsfähige Böden	Planungsebene Landesplanung, , Planungsebene Bauleitplanung, relevante Fachplanungen	Bauherren, Wohnungsbaugesellschaften, Investoren	kurzfristig, hoch
Ausweisung von Bodenschutzflächen: Festsetzung und stärkere Nutzung der Ausweisung von Bodenschutzflächen zum Schutz von Böden mit sehr hoher Funktionserfüllung	Bodenschutz- und Altlastenbehörden	Kommunen, Bauherren, Wohnungsbaugesellschaften, Investoren	mittelfristig, hoch

Naturschutz- und Biodiversität			
Maßnahmen zur Erhaltung der Artenvielfalt: Anstreben große Populationen mit großer genetischer Bandbreite an vielfältigen Standorten als Voraussetzungen für hohe Anpassungsfähigkeit und Möglichkeit der Besiedlung neuer Lebensräume; differenzierter Umgang mit neu einwandernden Arten (Neobiota)			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Ermittlung, Förderung und Schutz von Verantwortungsarten, für die sich die Gefährdung erhöht: Fortschreibung der Roten Listen mit Klimawandel als separat aufgeführten potentiellen Gefährdungsfaktor; Stärkung besonders gefährdeten Arten bzw. Unterarten (Artenschutzprogramm) und Verringerung um mindestens eine Gefährdungsstufe oder Überführung (Natura 2000-Arten) in „günstigen“ Erhaltungszustand	Naturschutzbehörden, Naturschutzverbände, Fachverbände	Landschaftserhaltungsverbände, Forst-, Landwirtschafts-, Wasserwirtschafts-behörden, Landnutzerverbände, Kommunen, Museen für Naturkunde o. ä. Einrichtungen mit Expertenwissen	mittelfristig, hoch
Verbesserung der Überlebenschancen von klimasensitiven und gefährdeten Arten fördern: Verbesserung des Erhaltungszustand von FFH-Arten und Verringerung der Gefährdung durch den Klimawandel von Arten der Roten Liste durch Reduzierung von Flächenverbrauch für Siedlung und Infrastruktur sowie Schutz von nicht durch Verkehrswege zerschnittener Räume; Förderung extensive Nutzungen (Offenland, Wald)	Naturschutzbehörden, Forst-, Landwirtschafts-, Straßenbau- und Wasserwirtschaftsbehörden	Landschaftserhaltungsverbände, Kommunen und Regionalverbände, Naturschutzverbände und Fachverbände für bestimmte Artengruppen, Landnutzer, Einrichtungen mit Expertenwissen	mittelfristig, hoch
Schutzverantwortung bei neu einwandernden Arten prüfen und ggf. Schutzmaßnahmen ergreifen; Einbeziehung von Neobiota in das naturschutzfachliche Informationswesen: Neu entstehende Schutzverantwortung für neue Arten; Verbesserung der Entscheidungsgrundlagen und Handlungsmöglichkeiten, um differenziertes Management neuer Arten zu ermöglichen	Naturschutzbehörden	Kommunen, Regionalverbände, Forst-, Landwirtschafts-, Wasserwirtschafts-behörden, Naturschutzverbände, Landnutzer, Museen für Naturkunde o. ä. Einrichtungen mit Expertenwissen	kurzfristig, hoch

Maßnahmen zur Erhaltung der Lebensräume: Erhaltung der Vielfalt der Standorte, um die Vielfalt der Arten zu erhalten			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Intensivierung der Renaturierungsmaßnahmen für Hoch- und Niedermoore: Erhalt und Wiederherstellung von Hoch- und Niedermooren zur Förderung ihrer Natur- und Klimaschutz-Funktion; Wiedervernässung von 50 % der Hochmoore und 10 % der Niedermoore bis 2020	Naturschutzbehörden, Wasserwirtschafts-behörden, Forst-, Landwirtschafts-, Bodenschutz- und Flurneuordnungs-behörden, Behörden mit Zuständigkeit für Emissionen und Klimaschutz	Landnutzer, Kommunen, Wasserversorger, Wasser- und Bodenverbände, Naturschutzverbände und Fachverbände und Regionalverbände	kurzfristig, hoch
Förderung des Wasserrückhalts durch Schutz von Feuchtgebieten: Schutz und Förderung von Feuchtgebiete durch Erstellung landesweiter Feuchtgebietskonzeption und Ermittlung klimasensitive Lebensräume mit hoher Bedeutung für Natur- und Klimaschutz; Sichern und Wiederherstellen des naturnahen Wasserhaushalt durch gezielte Förderprogramme	Naturschutz-, Fischerei-, Wasserwirtschafts-behörden, Forst-, Landwirtschafts- Straßenbau-, Bodenschutz- und Flurneuordnungs-behörden, Behörden mit Zuständigkeit für Emissionen und Klimaschutz	Landschaftserhaltungsverbände, Landnutzer, Wasserversorger, Wasser- und Boden-verbände, Kommunen, Naturschutzverbände und Fachverbände für bestimmte Artengruppen, Regionalverbände, Einrichtungen mit Expertenwissen	kurzfristig, hoch
Erhaltung und Wiederherstellung von naturnahen Auen und ihrer natürlichen morphodynamischen Prozesse: Widerstandfähiger machen sensibler und gefährdeter Lebensräume und Arten; Erhalt, Erweiterung und Rückgewinnung von Überschwemmungs- und Retentionsflächen; Reduzierung von Gewässererwärmung; Optimierung ökologischer Flutungen nach Naturschutzgesichtspunkten	Naturschutz-, Fischerei-, Wasserwirtschafts-behörden, Forst-, Landwirtschafts- und Bodenschutzbehörden, Behörden mit Zuständigkeit für Emissionen und Klimaschutz	Landnutzer, Kommunen, Wasserversorger, Wasser- und Bodenverbände, Naturschutzverbände und Fachverbände für bestimmte Artengruppen, Regionalverbände	langfristig, hoch

Förderung und Schutz weiterer gefährdeter Lebensraumtypen / Biotoptypen: Förderung und Schutz von Lebensraum- bzw. Biotoptypen mit erhöhter Gefährdung durch Schutz vor Nährstoffeintrag, Erhalt oder Wiederherstellung eines naturnahen Wasserhaushalt; Gewährleistung extensiver Nutzung zum Erhalt der Lebensraumqualität	Naturschutz-, Wasserwirtschaftsbehörden, Forst-, Landwirtschafts- und Bodenschutz-behörden, Behörden mit Zuständigkeit für Emissionen und Klimaschutz	Landnutzer, Kommunen, Wasserversorger, Wasser- und Bodenverbände, Naturschutzverbände und Fachverbände für bestimmte Artengruppen, Regionalverbände	kurzfristig, hoch
Schutzgebiete als Kernflächen des Biotopverbunds erhalten, stärken und erweitern: Stärkung des Schutzgebietsnetz und Biotopverbundes, um Durchgängigkeit zu erhöhen und Ausbreitung von Arten zu fördern; Aufrechterhaltung und Weiterentwicklung des Schutzgebietsnetzes, Umsetzung von Pflegemaßnahmen sowie wiederholte Überprüfung von Management- oder Pflegemaßnahmen und ihrer Wirkungen; Optimierung von Maßnahmen	Naturschutzbehörden, Wasserwirtschafts-, Landwirtschafts-, Forst- und Straßenbau-Behörden, Forstbetrieb Staatswald, Kommunen und Regionalverbände	Kommunen, Landschaftserhaltungsverbände, Landwirtschafts- und Forstbehörden, Forstbetrieb Staatswald, Waldbesitzer, Landnutzer, Straßenbaubehörden, Wassergewinnungsverbände, Naturschutz- und Fachverbände für bestimmte Artengruppen	kurz- und mittelfristig, hoch
Berücksichtigung des Klimawandels bei der landesweiten Biotopverbundplanung: Erhöhung der Durchgängigkeit und Förderung der Ausbreitung von Arten in klimatisch zusagende Räume durch Erstellung und Umsetzung regionaler oder lokaler Biotopverbundplanungen auf Basis des Fachplans „Landesweiter Biotopverbund“	Naturschutz-, Wasserwirtschaftsbehörden, Forst-, Landwirtschafts-, Flurneuordnungs- und Straßenbaubehörden, Forstbetrieb Staatswald, Kommunen und Regionalverbände	Kommunen, Waldbesitzer, Wassergewinnungsverbände, Naturschutz	kurzfristig, hoch
Das Landeskonzept zur Wiedervernetzung erleichtert die klimabedingte Wanderung: Aufrechterhaltung der Wanderbeziehungen zwischen verschiedenartigen Lebensräumen sowie Sicherung des landesweiten Biotopverbundes und überregionaler Wildwanderwege	Naturschutz-, Forst- und Straßenbaubehörden, Kommunen	Straßenbaubehörde, Kommunen, Waldbesitzer, Naturschutz	kurzfristig, hoch

Entwicklung und aktive Förderung von Wald-Lebensraumtypen: Entwicklung west- und südwest-europäischer Wald-Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie; Verwirklichung des Alt- und Totholzkonzept auch im Kommunal-, Körperschafts- und Privatwald; Umsetzung klimarelevanter Ziele der Waldnaturschutzstrategie; Buchen- und z.T. Eichenmischwälder als zukunftsfähige artenreiche Waldentwicklungstypen	Naturschutzbehörden, Forstbehörden, Waldbesitzer, forstliche Betriebe	Kommunen, Wassergewinnungsverbände, Naturschutz- und Fachverbände, Bodenschutz- und Wasserwirtschaftsbehörden	langfristig, mittel

Wasserhaushalt			
Maßnahmen zum Hoch- und Niedrigwasser			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Technischen Hochwasserschutz wirtschaftlich einsetzen: Differenzierte Berücksichtigung des regionalspezifischen Zuschlags („Klimaänderungsfaktor“, z.B. HQ100) je nach Konsequenzen und Mehrkosten; Berücksichtigung der Klimaänderung bei Bau oder ggf. Möglichkeit des Nachrüstens; Freihaltung von Flächen für potenzielle Dammerhöhungen oder Rückhalteräume	Kommunen, Land, Zweckverbände	Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz, Ingenieurbüros, Bevölkerung, Untere Wasserbehörde	kurzfristig, hoch
Betroffene an der Festlegung der Anpassungsmaßnahmen beteiligen und informieren: Aufklärung der Bevölkerung über Hochwasserrisiko und Vorsorgemaßnahmen auf der Grundlage von Hochwassergefahrenkarten; Vermeidung von Schäden an Gebäuden und Gefahren für Mensch und Umwelt durch Flächen-, Risiko- und Bauvorsorge; Abschließen von Elementarschadenversicherung	Land, Kommune, Privatpersonen	Bevölkerung, Land- und Forstwirtschaft, Industrie und Gewerbe	kurzfristig, hoch
Natürlichen Wasserrückhalt in der Fläche fördern: Förderung/Sicherung von Auen- und naturnahen Überflutungsflächen; Rückverlegung von Dämmen soweit sinnvoll; Erhalt/Reaktivierung von Mooren und Feuchtgebieten; Minderung des Oberflächenabflusses und Förderung lokaler Versickerung durch land-/forstwirtschaftliche Maßnahmen; Grundwasserneubildung durch dezentrale Regenwasserbewirtschaftung	Kommunen, Land, Land- und Forstwirtschaft	Naturschutz, Land- und Forstwirtschaft	mittelfristig, hoch
Niedrigwasserabflüsse genauer erfassen, Vorhersagen auf kleine Einzugsgebiete erweitern: Verbesserung von Niedrigwasservorhersage durch genauere Erfassung; Prüfung	Land	Nutzer der Gewässer: Kraftwerksbetreiber, Industrie und Gewerbe, Landwirtschaft,	dauerhaft, hoch

der Ausdehnung der Niedrigwasser-vorhersage; Frühzeitigeres Erkennen kritischer Gewässersituationen; besseres Einplanen von Entnahme-Einschränkungen		Bevölkerung	
Maßnahmen zur Siedlungsentwässerung und Trinkwasserversorgung			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Kommunales Risikomanagement „Überflutungsschutz“ umsetzen und integrierte Planungsprozesse für eine wassersensitive Stadtentwicklung etablieren: Anpassung der Bemessungsgrundlagen für Kanalnetzberechnung und Überflutungsprüfung; Ableitung vorsorgender Maßnahmen aus Überflutungskarten und Gefährdungsanalysen; Minimierung von Oberflächenabfluss, Erhöhung der Versickerung und Sensibilisierung der Bevölkerung durch gesplittete Abwassergebühr; dezentrale Regenwasserbewirtschaftung und Wasser als Gestaltungsmittel städtischer Freiraumplanung	Kommunen	Aufsichtsbehörden, Stadtentwässerung, Planer, Bevölkerung, Gewerbebetriebe	kurzfristig, hoch
Abwassertechnische Anlagen vor Hochwasser schützen: Auslage der Anlagen entsprechend ihrer Gefährdungslage auf höheres Bemessungshochwasser	Kommunen, Land	Kommunen, Stadtentwässerung, Planer	kurzfristig, hoch
Risiko der Versorgungsunternehmen minimieren und Versorgungsstrukturen verbessern: Durchführung einer Vulnerabilitätsanalyse durch die Wasserversorgungsunternehmen; Ggf. Durchführung von Strukturgutachten zur weiteren Verbesserung der Versorgungssicherheit; Förderung technisch-organisatorische Verbünde und Ausbaumaßnahmen	Kommunen, Wasserversorgungsunternehmen, Land	Forschungseinrichtungen, DVGW	kurzfristig, hoch

Gewässerökologie			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Naturnahe Gewässerstrukturen entwickeln und naturnahe Sukzession am Ufer fördern: Erhalt und Entwicklung naturnaher Strukturen und Auenbereiche gleicht Abflussgeschehen aus, bietet Rückzugsräume für Gewässerbiozönose bei Extremsituationen, schützt vor Erosion, dämpft erwartete Temperatur- und Globalstrahlungszunahme und fördert Biotopvernetzung	Land, Kommune	Land- und Forstwirtschaft, Infrastruktur	mittelfristig, hoch
Monitoring			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Ausbau des Monitorings bei Fließgewässern, Grundwasser und Bodensee: Langfristige und adäquate Erfassung von Änderungen bei Fließgewässer, Grundwasser und Bodensee; Überprüfung und ggf. Anpassung bestehender Monitoring-Systeme (Ausbau der Messstellendichte, genaue Erfassung der Extreme wie Hoch- und Niedrigwasser, kontinuierliche Miterfassung von Wassertemperaturen, Entwicklung geeigneter Indikatoren und Strategien)	Land	IGKB (für den Bodensee)	dauerhaft, hoch

Tourismus			
Maßnahmen zur Angebotserweiterung und Produktentwicklung			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Klimaverträgliche nachhaltige Angebote schaffen: Stärkung und Schaffung nachhaltiger Angebote zum naturnahen, regionalen Tourismus; Profilierung klimafreundlicher Tourismusform gegenüber Fernreisen mit hohem CO2-Fußabdruck; Übertragung der Philosophie von Destinationen auf Akteure und von dort weiter zum Gast	Land, Landkreise, Tourismusorganisationen, Kommunen	Leitbetriebe, touristische Leistungsanbieter	mittelfristig, mittel
Radland Baden-Württemberg ausdehnen: Vernetzung und Weiterentwicklung der Infrastruktur und touristischen Produkte im Radtourismus; Ausbau des „Radlandes Baden-Württemberg“ als Ganzjahres-Destination; Kopplung aller Segmente (inklusive Unterkünfte), Regionen und Jahreszeiten Voranbringen durch regionale Radtourismusexperten; Touristisch genutzte Wege und Alltagswege sind zusammenzudenken; Vermarktung von Radwegenetzen im regionalen Zusammenhang; Durchführung einer Risiko-Analyse	Land, Landkreise, Unternehmen	Unternehmen, Gäste	mittelfristig, mittel
Beherbergungsbetriebe klimafit machen: Verbesserung der Aufenthaltsqualität durch klimaschonende Klimatisierungs- und Dämmmaßnahmen; für ausreichend Sonnenschutz im Außenbereich sorgen	Land, Tourismusorganisationen, Kommunen, Dienstleister	Leitbetriebe, touristische Akteure	mittelfristig, mittel
Aufenthaltsqualität sichern und optimieren: Aufenthaltsbereiche mit Witterungsschutz, Sitzmöglichkeiten für ältere Gäste; Information der Gäste über Verbesserung der Aufenthaltsqualität	Kommunen, Betreiber von Freizeiteinrichtungen	Touristische Leistungsanbieter	langfristig, gering
Saison für Outdoor-Tourismus erweitern: Bewerben einer längeren Saison und darauf Einstellen (Fahrplänen, Öff-	Kommunen, Betreiber von Freizeiteinrichtungen	Touristische Leistungsanbieter	langfristig, gering

nungszeiten)			
Strand- und Badetourismus ausbauen: Eröffnung neuer Zielgruppen durch verbesserte Bedingungen für den Strand- und Badetourismus (Umlenkung von Reiseströmen aus dem Mittelmeergebiet); Bereitstellung, frühzeitige Planung und Steuerung entsprechender Infrastrukturen (Beherbergung, Badeparks) unter Berücksichtigung des Natur- und Umweltschutzes; Kombination des Badeangebot mit anderen Aktivitäten (Wandern, Radfahren)	Tourismusorganisationen, Kommunen, Dienstleister	Kommunen, private Leistungsanbieter, Investoren	langfristig, gering
Schneesport in den noch geeigneten Höhenlagen sichern: Konsequente Nutzung technologischer Fortschritte bei Beschneiung (umweltfreundlicher und wirtschaftlicher durch reduzierten Energiebedarf); Entwicklung CO2-neutrale Skigebiete und Kleinliftanlagen; langfristig weniger schneeabhängige Angebotsalternativen	Tourismusorganisationen, Kommunen, Unternehmen	Touristische Leistungsanbieter, Leitbetriebe, Gäste	kurzfristig, hoch
Nordic Sports (Movement) saisonunabhängig entwickeln: Entwicklung eines weniger wetterabhängigen Sportangebots; Ermöglichung von Ganzjahresaktivitäten inklusive Infrastrukturen sowie nordische Bewegungsformen und Lebensstile (Friluftsliv, Entschleunigung); Möglichkeit der Koppelung ausgeprägter Gesundheitsorientierung an regionale Produkte und Klimaschutz	Tourismusorganisationen, Kommunen, Leistungsanbieter	Touristische Leistungsanbieter, Leitbetriebe, Hotellerie und sonstige Beherbergungsbetriebe	kurzfristig, hoch

Maßnahmen zur Kommunikation			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Informationsoffensive Klima starten: Ermöglichung der besseren Planung und Angebotsnutzung durch ortsbezogenes Informationssystem mit verschiedenen Belastungsindikationen; mehr Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit zum aktuellen Stand des Klimawandels, möglichen Klimafolgen und Handlungserfordernissen sowie Handlungsoptionen	Landkreise, Tourismusorganisationen, Unternehmen	Touristische Leistungsanbieter, Leitbetriebe	kurzfristig, mittel
Maßnahmen zur Verminderung von Klimabelastungen			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Umweltverbund fördern – Optimierung Verkehrsmanagement: Förderung und Schaffung eines nachhaltigen Verkehrssystems durch multimodal Verknüpfung umweltfreundlicher Verkehrsmittel; Entwicklung von Beratungsangeboten für Tourismusdestinationen mit nachhaltigen Mobilitätskonzepten	Land, Tourismusorganisationen, Kommunen, Landkreise	Touristische Leistungsanbieter, Leitbetriebe	kurzfristig

Gesundheit			
Maßnahmen zur Minderung thermischer Belastung			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Hitzeberatung „HeatScout“ einrichten : Schaffung einer kommunale Einrichtung („HeatScout“) in großstädtischen Verdichtungsgebieten zur Information, praktischen Unterstützung und Hilfe für vulnerable Personengruppen	Kommunen, Öffentlicher Gesundheitsdienst, Soziale Dienste	vulnerable Bevölkerungsgruppen in Großstädten	kurz- bis mittelfristig, niedrige Dringlichkeit
„Kühlstuben“ (Hitzeentlastungsräume) einrichten: Klimatisierte Räume evtl. mit Wegweisern, Verknüpfung medizinischer Hilfeleistung oder Beratung zur Verfügung stellen; weitere Hitzeentlastung durch zusätzliche Kühlungsmaßnahmen (z. B. Kühlwesten)	Stadtverwaltungen	Unternehmen in Innenstädten (z.B. Kaufhäuser) und öffentliche Hand, ggf. Vermieter	mittelfristig
Warndienste stärken: Zusammenführen von Ozoninformations- und Hitzewarndienst; Nutzung neuer Kommunikationswegen für Warndienste	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft	LUBW und DWD, weitere Akteure wie Versicherungen, öffentlich-rechtliche Medien, Apotheken, Sparkassen etc.	kurzfristig
Maßnahmen zur Bekämpfung von Vektoren, Infektionskrankheiten, Allergenen und Toxinen			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Medizinische Kompetenzbildung Tropenkrankheiten: Frühzeitiges Erkennen und effektives Behandeln durch Information und Bewusstseinsbildung; Bereitstellung spezialisierter Diagnose- und Therapiekapazitäten; Umsetzung (reise-)-medizinischer Prophylaxemaßnahmen und Prävention von Infektionen und anderer reiseassoziierter Erkrankungen	Tropenmedizinische Institute an Universitäten und Kliniken, medizinische Fachgesellschaften, Ärztekammern	Ärzte, medizinisches Personal, Patienten, Reisende in Endemiegebiete	mittelfristig, mittel
VASS-Bekämpfung beginnen: Verringerung der Gefahren durch Aufbau eines Warn-, Bekämpfungs- und Kontrolldienstes für gesundheitsgefährdende Pflanzen und Tiere (VASS =	Landkreise	Bevölkerung, Flächeneigentümer, Arbeitgeber	möglichst frühzeitiger Beginn, mittel

Vektoren, Allergene, Schadtiere, Schadpflanzen)			
Grundlagenforschung zu Vektoren: Schaffung neuer und Ausbau von Lehrstühle(n) für Parasitologie; Monitoring von Vektoren und Reservoir-Wirten; Modellierung künftiger Ausbreitung von Vektoren und Wirten; Grundlagenforschung zur Interaktion Vektor-Pathogen; Impfstoffentwicklung	Ministerium für Wissenschaft und Kunst, Universitäten, Gesetzgeber	Universitäten, Landratsämter	mittel- bis langfristig
Maßnahmen zum Arbeitsschutz			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Arbeitsschutz für Personen in Außenberufen: Technische Regeln für Arbeitsstätten im Freien mit Vorgaben für Mindestschutzmaßnahmen sowie arbeitsmedizinische Vorsorge bei Exposition gegenüber natürlicher UV-Strahlung, Hitze, Ozonbelastung und (Sommer-)Smog; Anpassung der Arbeitszeiten oder Angebot stationärer Einrichtungen bei extremen Ereignissen	Ausschuss für Arbeitsstätten (BMAS), Unfallversicherungsträger, untere Verwaltungsbehörden, Regierungspräsidien, Betriebsärztinnen und -ärzte	Arbeitgeber, Sicherheitsfachkräfte, Betriebsräte, Betriebsärztinnen und -ärzte, Berufsgenossenschaften, Selbstverwaltungen der Unfall- und Krankenkassen	kurzfristig, mittel
Programm zur Verbesserung des Raumklimas für kleine und mittlere Unternehmen (KMU): Schaffung eines guten Raumklimas z.B. durch Dämmung und technische Be- und Entlüftungssystem	Gesetzgeber (Bund, Länder)	Unternehmen, Besitzer von Produktionsbetrieben (KMU)	langfristig, hoch
Maßnahme zu Vorsorgeuntersuchungen			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Naevi-Screening fördern: Früherkennung und -behandlung von Hautkrebs und Vorstufen zur Reduzierung der Morbiditäts- und Mortalitätsraten; Sensibilisierung der medizinischen Fachberufe und Information der Patienten; Kostenerstattung des Screenings durch Krankenkassen/Versicherungen.	Gesundheitsministerium, Krankenkassen, Ärztekammern	Krankenkassen, Haus- und Hautärzte, Physiotherapeuten, Masseure und medizinische Bademeister, Fachverband der Dermatologen	kurzfristig, hoch

Maßnahme zur Bewusstseinsbildung, Kommunikation und Information			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Aufklärung zur klimaangepassten Verhaltensweise: Aufklärung der Bevölkerung über Gefahren von Hitzebelastung und UV-Strahlung; Förderung vorbeugender Verhaltensweise; auf Warnzeichen des Körpers hinweisen; Aufklärungskampagnen durch Medien; Vermittlung von Informationen und Verhaltensregeln im Schulunterricht	Landesministerien, Wetterdienst, LÄK	Öffentlicher Gesundheitsdienst, Vorschuleinrichtungen und Schulen, Sportvereine, Arbeitgeber für Außenberufen	kurzfristig, hoch
Darstellung des Zusammenhangs zwischen Klimawandel und Luftschadstoffen: Zusammenhang zwischen Klimawandel und sich verändernden Luftschadstoffkonzentrationen zur Schaffung von Informationsgrundlagen	Landesregierung (UM)	Kommunen (Grünordnungsämter), Regierungspräsidien, Verkehrsbetriebe	kurzfristig

Stadt- und Raumplanung			
Maßnahmen zur Sicherung von Flächen primär zur thermischen Entlastung			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Sicherung großräumig übergreifender Freiraumstrukturen: Minderung der Hitzebelastung; Erhaltung regionaler Wasserressourcen; Minderung von Folgen durch Hochwasser- und/oder Starkregenereignissen; Erholungsmöglichkeiten durch möglichst zerschneidungsfreie Grünzüge und/oder Grünzäsuren etc. mit guter Erreichbarkeit bzw. in der Nähe von (hoch)verdichteten Siedlungsräumen	Planungsebene Raumordnung, Träger der Regionalplanung, relevante Fachplaner, klimatologische Grundlagendaten zur Unterstützung der Regionalplanung durch Landesregierung (Zuständigkeit UM)	Kommunen, Fachplaner	langfristig, räumlich differenziert
Erhalt und Schaffung eines Flächenverbunds zur thermischen Entlastung im Stadtraum: Herstellung/Sicherung möglichst zusammenhängender kleinräumlicher Verbundstrukturen von Grün- und Freiflächen bzw. sonstiger nicht überbauter Flächen im städtischen Kontext	Planungsebene Bauleitplanung, Kommunen, relevante Fachplanung (Landschaftsplanung, Forst, Landwirtschaft)	Grundstücksbesitzer, Bauherren, Investoren	mittelfristig, hoch
Maßnahmen zur Gewährleistung ausreichender Durchlüftung und Anpassung baulicher Dichte in Siedlungen/Minimierung der Inanspruchnahme von Flächen			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Dichtekonzeption zur Sicherung der Durchlüftung und anderer stadtökologischer Qualitäten: Gezielte Steuerung kleinräumigen Dichtekonzeptionen in den für die Durchlüftung relevanten Bereichen der Städte; häuserblockscharfe Empfehlungen zur anzustrebenden Dichte und Festlegung stadtökologischer Mindeststandards; Reduzierung der Dichte in klimatisch sensiblen Bereichen und flächensparende Bauweise	Kommunen, insbesondere Stadtentwicklungsplanung, Grünordung	Grundstücksbesitzer, Bauherren, Investoren etc.	kurzfristig, hoch

Beachtung der Durchlüftung bei der Festsetzung baulicher Anlagen: Vermeidung baulicher Hindernisse in Kaltluftleitbahnen; bauleitplanerische Vorgaben zu Höhe, Stellung und/oder strömungsgünstigen Ausgestaltung baulicher Anlagen	Bauleitplanung, Kommunen	Grundstücksbesitzer, Bauherren, Investoren	kurzfristig, räumlich differenziert
Maßnahmen zur Begrünung bzw. Entsiegelung von Flächen oder baulichen Anlagen / Siedlungsgrün			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Begrünung von Flächen sowie Dächern und Fassaden baulicher Anlagen: Verdunstung von Pflanzen trägt zur Abkühlung und Versickerung von Niederschlag bei; Festsetzungen in neu aufzustellenden Bebauungsplänen und Herstellung von Bepflanzungen/Begrünungen im Bestand; Wahl von Pflanzen mit möglichst hohen Blattflächenindex und Transpirationsrate	Bauleitplanung, Kommunen; Bauherren, Gebäudeeigentümer, Investoren, Bauwirtschaft	Gebäudeeigentümer, Bauherren, Investoren	kurzfristig, räumlich differenziert
Maßnahmen zur klimaangepassten Gestaltung, Ausstattung und Beschaffenheit baulicher Anlagen / Infrastruktur			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Soziodemografische und klimatische Kartierung zur Erfassung von Risikogebieten für gesundheitliche Hitzebelastung: Soziodemografische und klimatische Kartierungen von Gebieten mit einer hohen Zahl an Betroffenen; Möglichkeit der Umsetzung punktgenauer Anpassungsmaßnahmen oder strategischer Umbaumaßnahmen	Kommunen, Stadtentwicklungsplanung	Bürgerinnen und Bürger, Kommunen	mittelfristig, räumlich differenziert
Maßnahmen zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Verschattung und Kühlung im öffentlichen Raum: Abkühlung durch Verschattungsmaßnahmen, besonders an stark frequentierten Orten	Kommunen, Planungsträger, Verkehrsunternehmer etc.	Kommunen, Planer	kurzfristig, räumlich differenziert

Maßnahmen zum Einsatz multifunktioneller Instrumente / Weiterentwicklung des raumplanerischen Instrumentariums im Kontext Klimaanpassung			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Stärkere Berücksichtigung des Klimawandels bei Raumordnungsverfahren: Verstärkte Berücksichtigung des Klimawandels und deren Folgen bei Durchführung von Raumordnungsverfahren; Stärkere Bewertung raumbezogener Einzelvorhaben anhand der Anforderungen an eine Klimaanpassung; negative Beurteilung wenn durch Realisierung Vulnerabilität erhöht wird	Höhere Raumordnungsbehörde (Regierungspräsidium)	Vorhabenträger	kurzfristig
Durchführung von Stadtumbaumaßnahmen zur klimaangepassten Siedlungsentwicklung: Beitrag zur Vorsorge bzw. Abwehr oder Minderung von Klimafolgeschäden durch Stadtumbaumaßnahmen	Kommunen, Stadtentwicklungsplanung, ggf. (private) Immobilienbesitzer etc.	ggf. (private) Immobilienbesitzer, Mieter etc.	kurzfristig
Maßnahmen zur Informationsbereitstellung und Verbesserung der Wissensgrundlagen im Kontext Klimaanpassung			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Erhöhung der Anpassungsbereitschaft der an der Planung beteiligten Akteure: Förderung der Bereitschaft aller an der Planung beteiligten Akteure zur Mitwirkung bei der Klimaanpassung durch Informationsveranstaltungen, Workshops oder Publikationen/Handlungsleitfäden	Landesregierung, alle Planungsebenen	alle, die mit der Thematik Klimaanpassung befasst sind, bzw. Einfluss auf diese haben, Bürgerschaft	kurz- bis mittelfristig

Wirtschaft und Energiewirtschaft			
Information und Bewusstseinsbildung			
Einzelmaßnahmen	**Zuständigkeit**	**Betroffene Akteure**	**Zeithorizont/ Dringlichkeit**
Bewusstseinsbildung und Wissenstransfer: Bewusstseinsbildende Maßnahmen und Sensibilisierungskampagnen zur Heranführung an Risiken und Chancen der Klimawandelfolgen; Wunsch nach Analysetool von Risiken und Chancen der Klimafolgen zur Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen auf Unternehmensebene, Fokus auf konkrete Einzelthemen wie wachsende Hochwasserrisiken oder Zunahme von Hitzetagen	Land, Kommunen, Wirtschaftsverbände	Unternehmen	kurzfristig, hoch
Umsetzungskampagnen starten: Vorantreiben der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen durch Umsetzungskampagnen sowie Finanzierung von Modell- oder Pilotprojekten	Land, Kommunen	Unternehmen	kurzfristig, hoch
Verbesserung der Datenlage: Bereitstellung spezifischer, regional aufgegliederter Daten zu Klimawandelfolgen und demographischen Entwicklung; Hochwassergefahrenkarten zur Ableitung bewerteter Risikokarten für Schutzgüter Umwelt, Gesundheit, Wirtschaftliche Tätigkeit und Kulturgüter; Veröffentlichung von Karten zu weiteren Folgen des Klimawandels (Zunahme von Temperatur, Niederschlagsveränderungen oder Kühlgradtagen); Höhere Projektionsschärfe bei weiteren Berechnungen	Land	Unternehmen	kurzfristig, hoch

Glossar

Anpassungsfähigkeit Die Gesamtheit der Fähigkeiten, Ressourcen und Institutionen eines Landes oder einer Region, um wirksame Maßnahmen zur Anpassung umzusetzen (IPCC 2007).

Anpassungskapazität Die Anpassungskapazität berücksichtigt neben der natürlichen Anpassungsfähigkeit das Wissen über Anpassungsstrategien und –maßnahmen, die technische, institutionelle oder organisatorische Fähigkeit eines Sektors oder Handlungsbereichs zur Planung, Vorbereitung, Unterstützung und Umsetzung von Handlungsmaßnahmen zur Anpassung sowie die Bereitschaft zu ihrer Umsetzung.

Box-Whisker-Plot Ein Box-Whisker-Plot (auch Boxplot genannt) ist eine graphische Darstellung von Verteilungsstatistiken, um zentrale Tendenz, Streuung, Schiefe und Spannweite einer Verteilung und mögliche Ausreißer in einem Bild zusammenzufassen. Die Ausdehnung der Box gibt den Bereich des 1. Quartils (25%) bis zum 3. Quartil (75%) an. In diesem Interquartilsabstand liegen 50% der Daten, die Länge der Box ist daher ein Maß für die Streuung. Der Median (50. Perzentil) ist der Wert, für den jeweils die Hälfte der Projektionen höhere bzw. niedrige Werte zeigt. Er wird durch einen waagerechten Strich an der entsprechenden Stelle in der Box gekennzeichnet. Die Whisker („Antennen“) sind die Linien, die das Rechteck verlängern und Werte darstellen, die insgesamt den 1,5-fachen Interquartilsabstand zeigen. Außerhalb liegende Werte werden als „Ausreißer“ eingetragen.

C4- bzw. C3-Pflanzen C3-Pflanzen und C4-Pflanzen nutzen den Grundtypus der Photosynthese und öffnen bei Tageslicht ihre Spaltöffnungen um aus Kohlendioxid Kohlenhydrate aufzubauen. C-4 Pflanzen besitzen jedoch die Möglichkeit der Vorfixierung des Kohlendioxids durch ein besonderes Enzym. Dadurch haben C4-Pflanzen auch bei stärker geschlossenen Spaltöffnungen mit weniger Wasserverbrauch höhere Photosyntheseraten. Typische C4-Pflanzen wie der Mais haben somit den Vorteil einer besseren Wassernutzungseffizienz.

Emissionsszenario Eine plausible Darstellung der zukünftigen Entwicklung von strahlungswirksamen Emissionen wie Treibhausgasen und Aerosolen. Sie basiert auf einer Reihe von Annahmen über die zugrundeliegenden Kräfte (wie demographische und sozioökonomische Entwicklung oder Technologiewandel) und deren Schlüsselbeziehungen.

Ensemble Bei Erstellung von Klimaprojektionen werden verschiedene (hier: regionale) Klimamodelle in einer Reihe von Simulationen eingebunden und statistisch ausgewertet, um die Bandbreite möglicher Klimaentwicklungen darzustellen und eine höhere Sicherheit der Ergebnisse zu erreichen.

Exposition Die Exposition gibt an, wie stark eine Region bzw. ein Bereich dem Klimawandel ausgesetzt ist. Sie ist abhängig von der Art, der Größenordnung und der Geschwindigkeit der Änderung bestimm-

ter Klimaparameter (z.B. Niederschlag, Temperatur).

Heizgradtag Maß für den Wärmebedarf eines Gebäudes während der Heizperiode; wird ermittelt über die tägliche Differenz der mittleren Raumtemperatur von 20°C und der mittleren Außentemperatur über alle Heiztage der Heizperiode ; Einheit: K*d/a

Huglin-Index Bioklimatischer Wärmeindex für Weinbaugebiete. Er entspricht der Wärmesumme über Tagesmittel- und Tagesmaximumwerte im Zeitraum April bis September. Der Huglin-Index zeigt, welche Rebensorte wo gedeiht. In der Regel gilt: Je höher die Temperatursumme ist, desto wärmebedürftigere Weinsorten können die Winzer anbauen. Der Müller-Thurgau kommt mit einem Huglin-Index von 1500 aus, ein Merlot braucht 1900.

Klimamodell Eine numerische computergestützte Nachbildung des Klimasystems der Erde, die auf dem vorliegenden Wissen über physikalische, chemische und biologische Eigenschaften seiner Bestandteile, deren Wechselwirkungen und Rückkopplungsprozessen basiert. Die numerische Umsetzung der Modelle kann mit Hilfe unterschiedlicher Theorien und Methoden erfolgen. Je nach dem Raum, den die Modelle abdecken, wird zwischen Globalen Zirkulationsmodellen (GCM) und regionalen Klimamodellen unterschieden.

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

Klimasignal Der Anteil einer Klimaänderung, der sich aufgrund von Klimamodellrechnungen einer bestimmten Ursache zuordnen lässt. Klimasignale müssen sich signifikant genug von den natürlichen Klimaschwankungen unterscheiden.

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

Kühltag / Kühlgradtag Ein Tag wird als Kühltag bezeichnet, wenn die Tagesmitteltemperatur 18,3°C überschreitet. Aus dem Wert für die Kühlgradtage (Einheit: Kelvin * Tage) kann abgeleitet werden, wie viel Energie notwendig ist, um Gebäude auf eine angenehme Raumtemperatur abzukühlen.

Median Der Median ist der Zentralwert in einer statistischen Verteilung. Er teilt alle Werte in zwei Hälften, wobei die eine Hälfte dieser Werte kleiner und die andere Hälfte größer ist als dieser Zentralwert. Er entspricht dem 50. Perzentil.

MNQ = mittlerer Niedrigwasserabfluss	Der mittlere Niedrigwasserabfluss ist eine statistische Maßzahl aus der Pegelbeobachtung als Mittelwert über die niedrigsten Abflüsse eines längeren Beobachtungszeitraumes. Einheit: m^3/s
Morbidität	Krankheitshäufigkeit bezogen auf eine bestimmte Bevölkerungsgruppe
Mortalität	Die Mortalität (Sterblichkeitsrate) ist die Anzahl der Todesfälle in einem bestimmten Zeitraum bezogen auf 1.000 Individuen einer Population.
Neobiota	Bezeichnet Pflanzenarten (Neophyten) oder Tierarten (Neozooen), die sich 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 der verhinderten Klimaänderung haben sie einen gesellschaftlichen Nutzen, der den gesellschaftlichen Kosten gleichkommt oder diese übersteigt.
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). Die Differenz aus Feldkapazität und Totwasser ergibt die nutzbare Feldkapazität (nFK) und damit den potenziell pflanzenverfügbaren Wasservorrat eines Bodens.
Oberhöhenbonität	Die Oberhöhe ist die mittlere Höhe vorherrschender und herrschender Bäume. Die Oberhöhenbonität ist die Oberhöhe, die in einem bestimmten Referenzalter (gewöhnlich 100 Jahre) erreicht wird.
Ökologische Zeigerwerte	Klassifikationsverfahren nach Ellenberg, das Vorkommen mitteleuropäischer Pflanzenarten nach ihrer Ökophyhsiologie und botanischen Eigenschaften beschreibt und Aussagen über ihre Standortansprüche gibt. Zeigerwerte gibt es für die <u>klimatischen Faktoren</u> <u>Licht</u>, <u>Temperatur</u>, <u>Kontinentalität</u>, die <u>Bodenfaktoren</u> <u>Feuchtigkeit</u>, <u>Reaktion</u>, <u>Stickstoffversorgung</u>, <u>Salzgehalt</u>, <u>Schwermetallresistenz</u> sowie zu Lebensform und <u>Blattausdauer</u>.
Perzentil	Ein Perzentil ist ein Lagemaß in einer statistischen Verteilung. Das 25. Perzentil gibt beispielsweise an, dass 25 Prozent aller Werte kleiner sind als dieser Wert.
Phänologie	Die Phänologie befasst sich mit den im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Entwicklungserscheinungen in der Natur (z.B. der Apfelblüte).
Potenzielle Auswirkungen	Die Wissenschaftler des IPCC verstehen darunter „alle Auswirkungen, die bei einer projizierten Klimaänderung auftreten könnten, ohne Berücksichtigung von Anpassungen“ (IPCC 2007). Mit anderen Worten: Alle Folgen des Klimawandels unter der Annahme, dass keine zusätzlichen Maßnahmen zur Anpassung ergriffen werden.
Resilienz	Die Fähigkeit eines Sozial- oder Ökosystems, Störungen aufzunehmen und gleichzeitig seine Grundstruktur und zentrale Funkti-

	onen aufrecht zu erhalten, den Ausgangszustand wieder herzustellen oder sich so zu verändern, dass es sich an die veränderten Bedingungen anpassen kann.
Richtungssicherheit	Zeigen alle oder eine überwiegende Mehrzahl von Modellergebnissen eine einheitliche Richtung, z.B. für die Entwicklung der Jahresmitteltemperatur, wird von einer Richtungssicherheit gesprochen. Diese Richtungssicherheit wird nicht im statistischen Sinne verwendet.
Sensitivität	Sie beschreibt die Empfindlichkeit eines Sektors oder Handlungsbereichs gegenüber den aktuellen Klimabedingungen.
Starkregen	Der Deutsche Wetterdienst spricht von Starkregen bzw. auch Starkniederschlag, wenn in einer Stunde mehr als 10 mm bzw. in 6 Stunden mehr als 20 mm Regen fallen.
Trockenperiode	Als Trockenperiode werden zusammenhängende Zeiträume bezeichnet, bei denen pro Tag unter 1 mm Niederschlag fällt.
Vektor	Ein Vektor (lat. vector = Träger, Fahrer) überträgt einen Infektionserreger von einem Wirt auf einen anderen Organismus, ohne selbst zu erkranken.
Vegetationsperiode	Der Zeitraum des Jahres, in dem die Pflanzen photosynthetisch aktiv sind, d.h. 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 bzw. nicht fähig ist, diese zu bewältigen. Gemäß der Definition der IPCC setzt sich die Vulnerabilität aus folgenden drei Teilen zusammen: Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität. Hier im Text wird der in Fachkreisen eingeführte Begriff „Vulnerabilität“ aus Gründen der Verständlichkeit teilweise durch den Begriff „Anfälligkeit“ oder „Verwundbarkeit“ ersetzt. Die Bewertung der Vulnerabilität erfolgt rein beschreibend durch die Einteilung in die Kategorien gering, mittel und hoch.
Wuchsgebiet	Forstwirtschaftliche Region mit ähnlicher naturräumlicher Ausstattung.

Erläuterung der Klimaparameter und Kennzahlen

Klimaparameter und Kennzahl	Abkürzung	Klimaparameter und Kennzahl	Abkürzung
Temperatur		Niederschlag	
Jahresmitteltemperatur in °C	**T Mittel [°C]**	Niederschlagssumme im Jahr (in mm)	**N Jahr [mm]**
Sommertag (T min ≥ 25 °C) (Anzahl der Tage)	**Sommertag [d]**	Niederschlagssumme im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai – Oktober) (in mm)	**N Hyd. Sommer [mm]**
Heißer Tag / Tropentag (T max. ≥ 30 °C), (Anzahl der Tage)	**Tropentag [d]**	Niederschlagssumme im hydrologischen Winterhalbjahr (November – April) (in mm)	**N Hyd. Winter [mm]**
Tropennacht (T min ≥ 20°C) (Anzahl der Tage)	**Tropennacht [d]**	Niederschlagssumme im meteorologischen Frühjahr (März – Mai) (in mm)	**N Frühjahr [mm]**
Kühltag (T mittel > 18,3°C) (Anzahl der Tage)	**Kühltag [d]**	Niederschlagssumme in der Vegetationsperiode (Mai – September) (in mm)	**N Veg-Per [mm]**
Kühlgradtage (Summe der Differenzen aus der gemessenen Tagesmitteltemperatur über 18,3°C und dem Basiswert 18,3°C für alle Kühltage im Jahr) (in Kelvin * Tage)	**Kühlgradtage [K*d]**	Klimatische Wasserbilanz im Jahr (nach Penman; Differenz zwischen Niederschlägen und potentieller Evapotranspiration in mm)	**Klim-Wasser-Bil [mm]**
Dauer der Hitzeperiode (mind. 3 Tage): mittlere Dauer von Hitzeperioden pro Jahr (in Tagen). Hitzeperiode definiert als mind. 3 zusammenhängende Tage mit T max. ≥ 30°C und T min ≥ 18°C	**Hitze-Per Dauer (3T) [d]**	Starkniederschlagshöhe ist die Summe des maximalen Niederschlags an 1 Tag innerhalb eines Kalenderjahrs (in mm)	**StarkN [mm]**
Eistag (T max. < 0°C) (Anzahl der Tage)	**Eistag [d]**	Starkniederschlagstage (Anzahl der Tage pro Jahr mit Niederschlag über 25 mm) (Anzahl der Tage)	**N Tage-StarkN [d]**
Frosttag (T min < 0°C) (Anzahl der Tage)	**Frosttag [d]**	Starkniederschlagstage in der Vegetationsperiode (Anzahl der Tage mit Starknieder-schlag von April bis Sept.) (Anzahl Tage)	**N Tage-StarkN-Veg [d]**
Heiztag (Tagesmitteltemperatur unter 15°C) (Anzahl der Tage)	**Heiztag [d]**	Anteil der 10 niederschlagstärksten Tage am Gesamtniederschlag: Quotient der Niederschlagssumme der 10 niederschlagsreichsten Tage zur Niederschlagssumme	**N Top 10 Anteil [%]**

		eines Jahres (in %)	
Heizgradtage (Summe der Differenzen aus der gemessenen Tagesmitteltemperatur < 15°C und dem Basiswert 15°C für alle Heiztage im Jahr) (in Kelvin * Tage)	**Heizgradtage [K*d]**	Nassperiode: Zeitbereich von mind. 8 zusammenhängenden Tagen mit Niederschlag > 1mm (Anzahl der Tage). Die Nassperiode darf 1 Tag mit N < 1 mm enthalten	**Nass-Per. [d]**
Datum letzter Frost ist der letzte Frosttag in 1. Jahreshälfte (Tage seit Jahresbeginn)	**Letzter Frost [d]**	Durchschnittliche Dauer von Trockenperioden (Trockenperiode: über 11 Tage unter 1 mm N)	**Trocken-Per [d]**
Datum erster Frost ist der erste Frosttag in 2. Jahreshälfte (Tage seit Jahresbeginn)	**Erster Frost [d]**	Längste Dauer einer Trockenperiode pro Jahr (Anzahl der Tage)	**Trocken-Per Max [d]**
Vegetationsbeginn (Tag, an dem die Summe der Tagesmitteltemperatur seit 18. Februar über 164°C liegt) (Tage seit Jahresbeginn)	**Veg-Beginn [d]**	Trockentage (Anzahl der Tage ohne Niederschlag im Jahr, d.h. < 1 mm)	**N Tage-Trocken [d]**
Vegetationsdauer (Anzahl der Tage des Jahres mit T mittel ≥ 5°C) (in Tagen)	**Veg-Per Dauer [d]**	Veränderlichkeit der Niederschlagssumme / Variabilität des Niederschlags im Jahr: Quotient der Standardabweichung der jährlichen Niederschlagssumme und der mittleren jährlichen Niederschlagssumme über 30 Jahre (in %)	**N Variab Jahr [%]**
Huglin-Index (Wärmesumme der Durchschnittswerte der einzelnen Tagesmittel- und Tagesmaximumwerte der Lufttemperatur abzüglich der Basistemperatur von 10°C für April bis September; dient der Klassifizierung von Weinbaugebieten) (dimensionslos)	**Huglin-Index [-]**	Variabilität des Niederschlags im Sommerhalbjahr (wie oben, aber Bezug auf hydrologischen Sommerhalbjahr - Mai-Okt)	**N Variab SoHJ [%]**
Wachstumsgradtage (WGT) ist die Temperatursumme von Tagen im Jahr mit T mittel > 10°C; Beginn ist der Zeitpunkt, an dem 3 Tage in Folge die 10°C-Marke überschritten ist; Berechnung aus T max. und T min: WGT=((T min + Tmax) / 2) – T 10 (mit T10 = 10°C) (dimensionslos)	**W-Gradtag / WGT [-]**	Variabilität des Niederschlags im Winterhalbjahr (wie oben, aber Bezug auf hydrologisches Winterhalbjahr - Nov. des Vorjahres-April)	**N Variab WiHJ [%]**

Schwankung der Lufttemperatur (Differenz der Mitteltemperatur des wärmsten Monats und des kältesten Monats) (in °C)	**T Schwankung [°C]**	Niederschlagsschwankung Jahr: Quotient der Niederschlagssumme des meteorologischen Sommers (Juni – August) und des meteorologischen Winters /Dez – Feb) (dimensionslos)	**N Schwank Jahr [-]**
Globalstrahlung		Windgeschwindigkeit	
Summe der Globalstrahlung/Jahr bezeichnet die eingefallene solare Leistung pro Quadratmeter im Jahr (in kWh/m²)	Glob Jahr [kWh/m²]	Mittlere Windgeschwindigkeit im Jahr (arithmetisches Mittel aller Tageswerte im Jahr)	**Wind Jahr [m/s]**
Minimale mittlere Globalstrahlung (Minimum der tägl. Globalstrahlung im Kalenderjahr) (W/m²)	Glob Min [W/m²]	Standardabweichung der Windgeschwindigkeit (Maß für die Variation der Windgeschwindigkeit)	**Wind Stabw [m/s]**
Maximale mittlere Globalstrahlung (Maximum der tägl. Globalstrahlung im Kalenderjahr) (W/m²)	Glob Max [W/m²]	Maximale mittlere Windgeschwindigkeit im Jahr: maximaler Wert pro Kalenderjahr	**Wind Max [m/s]**
Standardabweichung der Globalstrahlung (Maß für die Schwankungsbreite der Globalstrahlung) (W/m²)	**Stab W [W/m²]**	Anzahl der Tage mit mittlerer Windgeschwindigkeit > 8 m/s (Anzahl der Tage)	**Wind Tag>8ms [d]**

Quellenangaben
A) Fachgutachten

Alle nicht mit weiteren Quellenangaben versehenen Abbildungen und Schaubilder im Kapitel 3 stammen aus den Fachgutachten für die jeweiligen Handlungsfelder.

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

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

Handlungsfeld Landwirtschaft
LANDWIRTSCHAFTLICHES TECHNOLOGIEZENTRUM AUGUSTENBERG (2013): Anpassungsstrategie an den Klimawandel - Fachgutachten für das Handlungsfeld Landwirtschaft. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart,210 Seiten.

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

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

Handlungsfeld Wasserhaushalt
STEINMETZ H., WIEPRECHT, S., BÁRDOSSY, A. (WFZ) (2013): Anpassungsstrategie an den Klimawandel - Fachgutachten für das Handlungsfeld Wasserhaushalt. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 193 Seiten.

Handlungsfeld Tourismus
ROTH, R., KRÄMER, A. (DEUTSCHE SPORTHOCHSCHULE KÖLN, INSTITUT FÜR NATURSPORT UND ÖKOLOGIE), KOBERNUß, J.-F., SCHRAHE, C. (IFT FREIZEIT- UND TOURISMUSBERATUNG GMBH)(2013): Anpassungsstrategie an den Klimawandel - Fachgutachten für das Handlungsfeld Tourismus. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 158 Seiten.

Handlungsfeld Gesundheit
LANDESGESUNDHEITSAMT LGA (2013): Anpassungsstrategie an den Klimawandel - Fachgutachten für das Handlungsfeld Gesundheit. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 293 Seiten.

Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung

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

Handlungsfeld Wirtschaft
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.

Die Lang- und Kurzfassung der Fachgutachten stehen auf der Website der LUBW zum Download zur Verfügung: http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/

B) Weitere Literaturhinweise

Alberternst, B.; Nawrath S.; Breunig, Th; Heuer, H. (2007): Nachweise für Ambrosia artemisiifolia in Baden-Württemberg. Hg. v. LUBW. Online verfügbar unter http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/26315/

Hennegriff, W. Reich, J. (2007): Auswirkungen des Klimawandels auf den Hochwasserschutz in Baden-Württemberg, BWGZ 2/2007, S. 65 – 69

KLIWA (2012b): Auswirkungen des Klimawandels auf Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz. Untersuchungen auf Grundlage von WETTREG2003- und WETTREG2006-Klimaszenarien. KLIWA Berichte, Heft 17, 2012.

Knuschke et al, (2007): Personenbezogene Messung der UV-Exposition von Arbeitnehmern im Freien. Hg. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) F 1777, online unter
http://www.baua.de/cae/servlet/contentblob/699494/publicationFile/46848/F1777.pdf

Nothdurft, A.; Wolf, W.; Ringeler, A.; Böhner, J., Saborowski, J. (2012): Spatio-temporal prediction of site index based on forest inventories and climate change scenarios. Forest Ecology and Management 279; S. 97–111

Petercord, Ralf; Veit, Holger; Delb, Horst; Schröter, Hansjochen (2008): Forstinsekten im Klimawandel – alte Bekannte mit neuem Potenzial? In: Konstantin Frhr von Teuffel (Hg.): Wald und Klima. FVA BW (FVA-einblick, 1/2008), S. 36–39.

Schick, V. (2009): Geographische Analyse der räumlichen Verteilung des FSME--Risikos in Baden-Württemberg unter Berücksichtigung verschiedener Umweltfaktoren. Diplomarbeit. Universität Stuttgart, Stuttgart. Geografie.

VDLUFA - Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (2004): Humusbilanzierung - Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. – VDLUFA-Standpunkt, VDLUFA Selbstverlag, 12 S.

Internet

www.um.baden-wuerttemberg.de
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

www.lubw.baden-wuerttemberg.de
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

www.anpassung.net
Umweltbundesamt (Portal zu Klimafolgen und Anpassung)

www.bbk.bund.de
Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe

www.bmub.bund.de
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aktionsplan_anpassung_klimawandel_bf.pdf
Aktionsplan Anpassung – Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel

www.climadapt.eu
Portal zur Klimaanpassung (EU Kommission)

http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/documentation_en.htm
Anpassungsstrategie der EU

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

http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/
Städtebauliche Klimafibel

Impressum

HERAUSGEBER

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Kernerplatz 9, 70182 Stuttgart

FACHLICHE UND KONZEPTIONELLE KOORDINIERUNG

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

REDAKTION

ÖKONSULT GbR, www.oekonsult-stuttgart.de

TITELGESTALTUNG

CZ Ateliers, Stuttgart

BILDNACHWEIS

Fotolia.com: animaflora, ARochan, Gabriele Rohde, Peter38, tcsaba, Visions-AD

Stand Juli 2015

Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT