

Klimawandelanpassung in Städten

Klimasimulationen für Baden-Württemberg

SÜDDEUTSCHES KLIMABÜRO
INSTITUT FÜR METEOROLOGIE UND KLIMAFORSCHUNG



© Hans Schipper / Süddeutsches Klimabüro am KIT

Förderung

Diese Studie wurde im Rahmen des KLIMOPASS-Vorhabens (Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg) durchgeführt und mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM) finanziert.
(Projektnummer: 347083)

Dankeschön

Die Autoren der Studie bedanken sich bei den vielen Fachexperten und Vertretern der Städte für ihre Bereitschaft, Einblicke in ihren Alltag zu geben. Durch ihre Informationen konnte diese Studie an praktischer Erfahrung gewinnen, was ein verstärktes Bewusstsein für die Klimaproblematik bei den Beteiligten zu Folge hatte.

Einleitung

In den letzten ca. 120 Jahren wird global eine Klimaänderung beobachtet. Die Änderung findet sich unter anderem in einem Anstieg der globalen Mitteltemperatur und einer räumlichen und zeitlichen Umverteilung der Niederschlagsmengen wieder. Das hat auch Auswirkungen auf das Klima in Baden-Württemberg. Vor allem durch die abwechslungsreiche Topografie und Landnutzung finden sich hier verschiedene Klimate, in denen sich die Auswirkungen des globalen Klimawandels unterschiedlich zeigen. Die Anpassung an diese Klimaänderungen ist daher ein zunehmend wichtiges Thema in verschiedenen Handlungsfeldern. Die Anpassungsstrategie des Landes Baden-Württemberg hat für unterschiedliche Handlungsfelder die Anpassungsnotwendigkeiten und Anpassungsmöglichkeiten untersucht, denn nicht jedes Handlungsfeld ist von den Klimaänderungen gleich betroffen und kann sich auf gleiche Weise und in gleichem Maße an den Folgen des Klimawandels anpassen.

Aus einer schriftlichen Befragung unter Städten in Baden-Württemberg und vertiefenden Expertengesprächen mit Vertretern von Unternehmen und Städten

wurde zum einen der Stand der Klimaanpassung beschrieben. Zum anderen wurde ermittelt, welche Rolle Wetter und Klima im jeweiligen Handlungsfeld spielen. Daraus wurden Grenzen für klimatische Größen, wie Temperatur und Niederschlag, abgeleitet. Diese sind für kommunale Entscheidungen bezüglich der Klimawandelanpassung von praktischer Bedeutung und werden Klimakenngrößen genannt.

Klimakenngrößen

Mithilfe von mehreren regionalen Klimasimulationen wurden die im Rahmen der Befragung ermittelten Klimakenngrößen für den Kontrollzeitraum (1971-2000) berechnet, mit gemessenen Daten verglichen und für die nahe Zukunft (2021-2050) ausgewertet.

Das zentrale Anliegen der vorliegenden Studie war ein kontinuierlicher Austausch zwischen Anwendung und Klimawissenschaft. Dies erfolgte nicht nur in Form der Befragung, sondern auch in Form der gemeinsamen „Übersetzung“ der praktischen Erfahrungen mit Wetter und Klima in konkrete Zahlenwerte, um eine Klimakenngröße mit den regiona-

Handlungsfelder der Anpassungsstrategie Baden-Württemberg

- Wald und Forstwirtschaft
- Landwirtschaft
- Boden
- Naturschutz und Biodiversität
- Wasserhaushalt
- Tourismus
- Gesundheit
- Stadt- und Raumplanung
- Wirtschaft und Energiewirtschaft

len Klimamodellsimulationen auswerten zu können. Außerdem wurden die berechneten Ergebnisse an die Experten zurückgemeldet und der Handlungsbedarf als Folge der erwarteten zukünftigen Änderungen von diesen eingeschätzt.

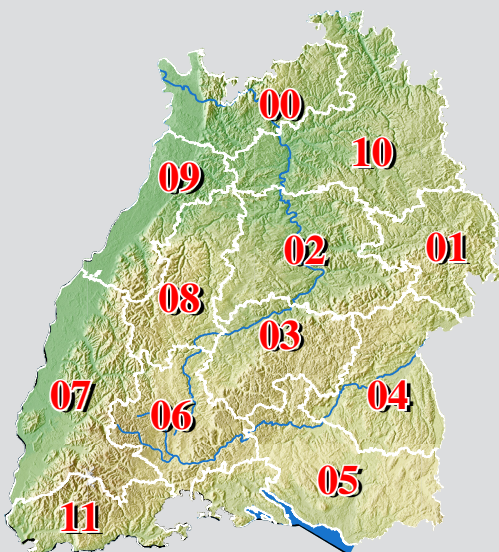
Insgesamt konnte der fachliche Austausch das Bewusstsein für die Nutzung von Klimaforschungsergebnissen erhöhen. Diese können als Grundlage für regionale Klimaanpassungsmaßnahmen verwendet werden.

Diese Broschüre enthält einige Beispiele der gemeinsam erarbeiteten Klimakenngrößen und stützt sich auf viele Gespräche zwischen Anwendern und Klimawissenschaftlern. Die Ergebnisse wurden für die Verwaltungsregionen in Baden-Württemberg ausgewertet.

Die vollständigen Ergebnisse der Studie sind in einem Projektbericht beschrieben, der auf den Webseiten der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) zur Verfügung gestellt wird.

www.lubw.baden-wuerttemberg.de

Verwaltungsregionen Baden-Württemberg



- 00 Rhein-Neckar
- 01 Ostwürttemberg
- 02 Stuttgart
- 03 Neckar-Alb
- 04 Donau-Iller
- 05 Bodensee-Oberschwaben
- 06 Schwarzwald-Baar-Heuberg
- 07 Südlicher Oberrhein
- 08 Nordschwarzwald
- 09 Mittlerer Oberrhein
- 10 Heilbronn-Franken
- 11 Hochrhein-Bodensee

© Süddeutsches Klimabüro am KIT

Stand der Klimaanpassung in Städten in Baden-Württemberg

Eine schriftliche Befragung unter den Städten Baden-Württembergs hatte einerseits zum Ziel, die Wichtigkeit des Themas Klimawandelanpassung mit möglichen Maßnahmen herauszufinden. Andererseits wollte sie die für Städte wichtigen Kennzahlen in einem sich verändernden Klima erfassen. Die Befragung wurde mit freundlicher Unterstützung des Städtetags Baden-Württemberg

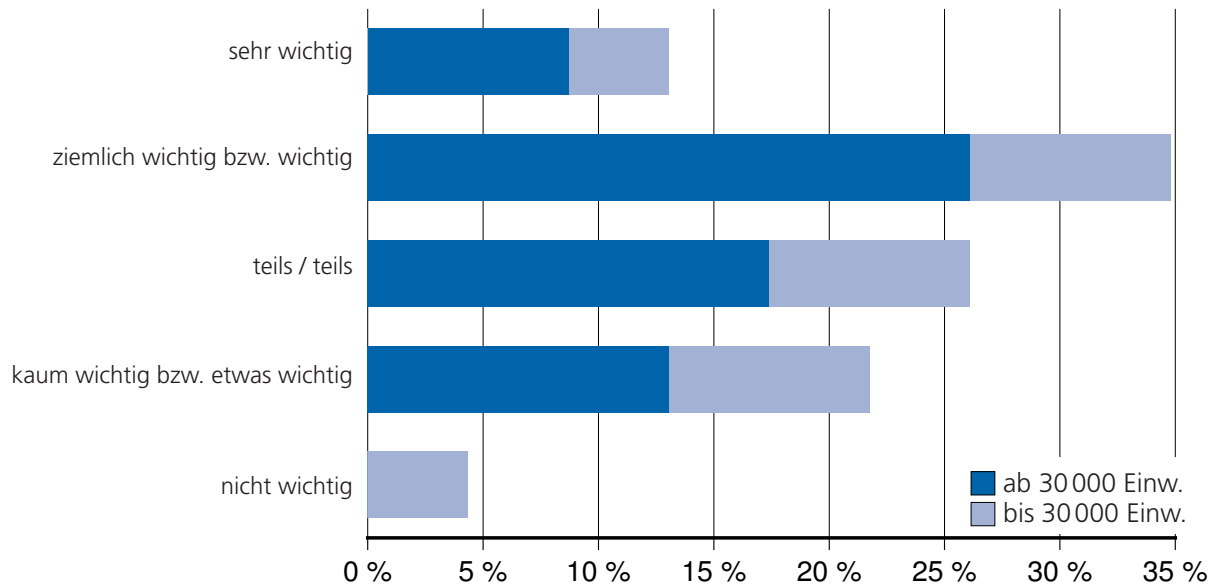
über deren E-Mail-Verteiler versendet. Insgesamt konnten die Antworten von 23 Städten ausgewertet werden, was einer Rücklaufquote von etwa 13 % entspricht. Diese Städte waren acht kleinere Städte (bis 30 000 Einwohnern) und 15 größere Städte (ab 30 000 Einwohner).

Mehr als 45 Prozent der Städte gaben an, die Anpassung an den Klimawandel

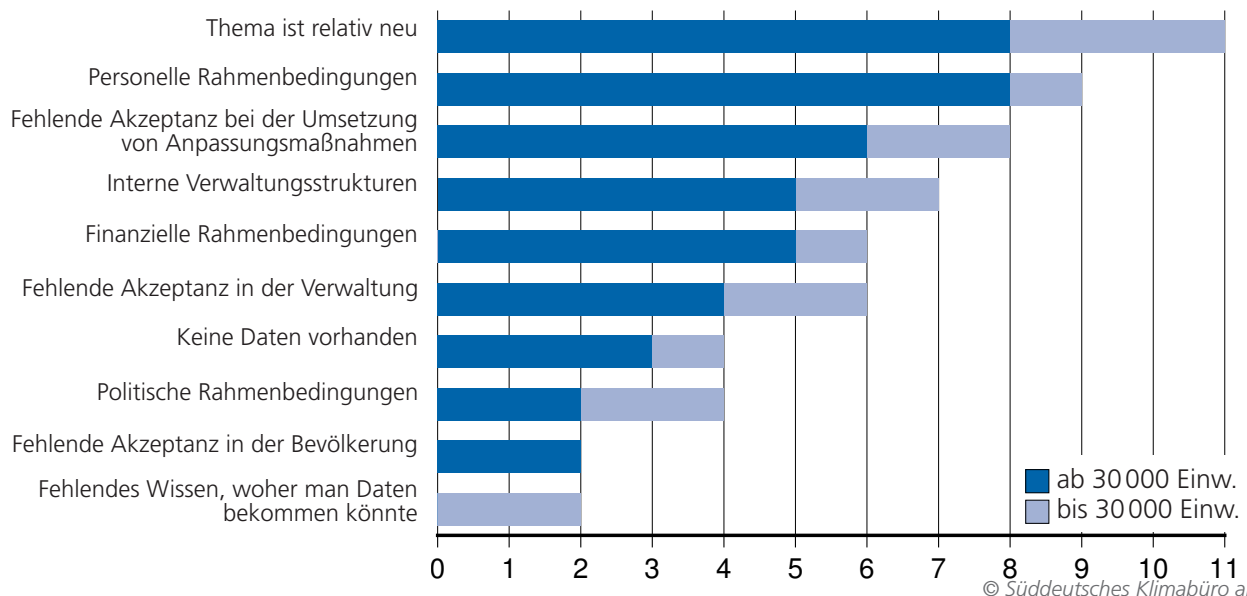
als „ziemlich wichtig“, „wichtig“ oder „sehr wichtig“ zu empfinden. Nur eine geringe Anzahl kleinerer Städte hält das Thema für „nicht wichtig“.

Sieben von 23 Städten verfolgen bereits konkrete Klimaanpassungsstrategien / -konzepte. Beispiele für Anpassungsmaßnahmen sind die Durchführung verschiedener Stadtklimaanalysen, der

„Wie wichtig ist das Thema Anpassung an den Klimawandel für Ihre Stadt?“



„Welche Gründe gibt es, die Sie an Klimaanpassungsmaßnahmen hindern?“



Entwurf von Klimagutachten, die Erstellung von Hochwasserschutzkarten und der Ausbau des Abwassernetzes.

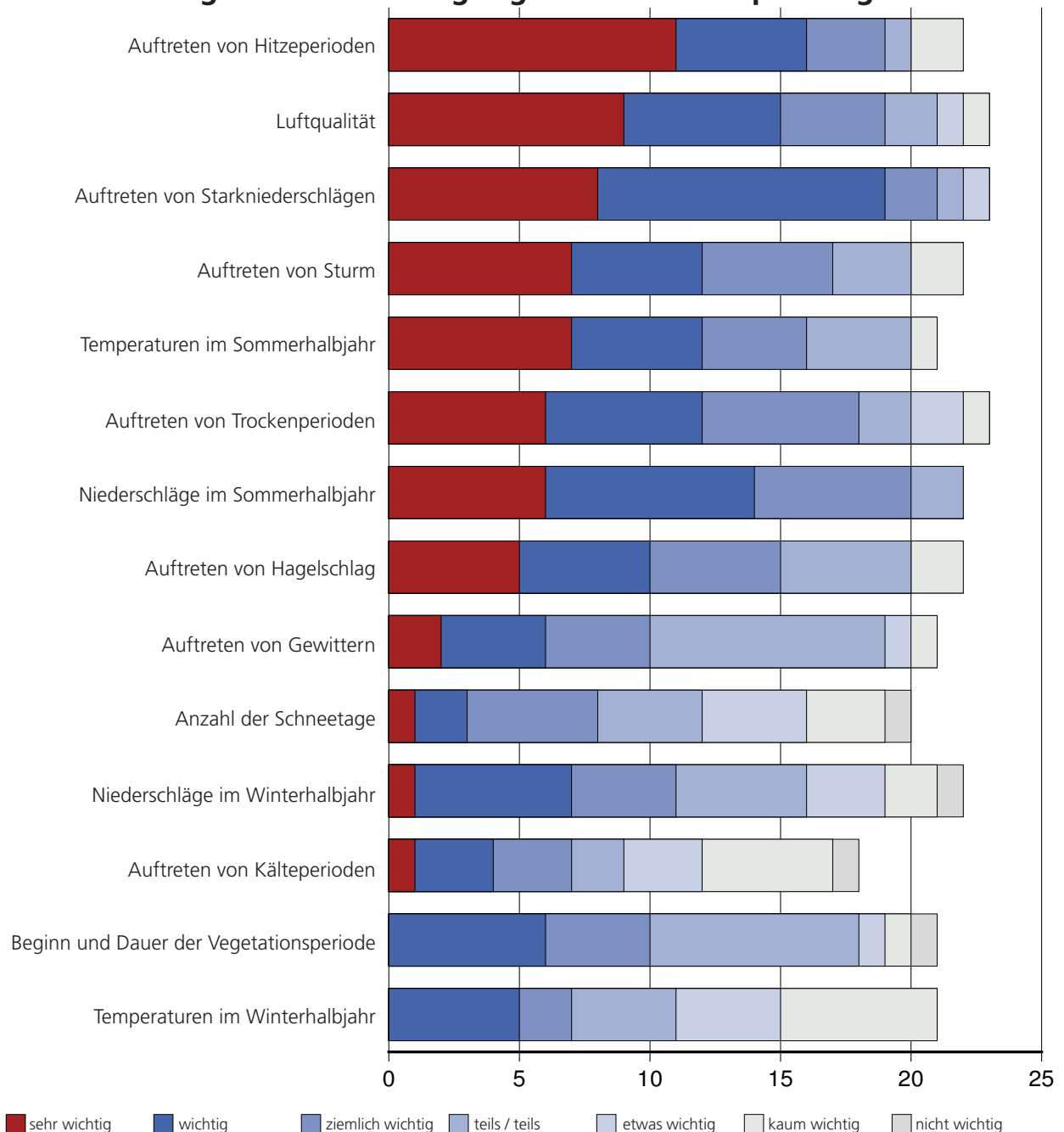
Die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen ist für Städte nicht immer selbstverständlich. Eine Vielzahl an Gründen behindern diese. Am häufigsten genannt wurde die relative Neuheit des Themas. Auch „personelle Rahmenbedin-

gungen“, die „fehlende Akzeptanz bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen“ und die „internen Verwaltungsstrukturen“ sind Hinderungsgründe.

Ein wichtiger Schritt bei der Ermittlung bedeutender Größen von Wetter und Klima in einem sich wandelnden Klima ist die Erfahrung der Städte mit dem Auftreten von bestimmten Wetterereig-

nissen in den letzten Jahrzehnten. Aus der Befragung ging hervor, dass das „Auftreten von Hitzeperioden“ am häufigsten als „sehr wichtig“ eingestuft wurde. direkt gefolgt von der „Luftqualität“ und dem „Auftreten von Starkniederschlägen“. Größen, die sich auf das Winterhalbjahr beziehen, waren für die Städte in dieser Befragung weniger wichtig.

„Wie wichtig sind folgende Ereignisse bzw. Größen in Bezug auf Ihre Überlegungen zur Klimaanpassung?“



Klimakenngrößen

Aus Langzeitbeobachtungen des Wetters lassen sich die Änderungen von Temperatur, Niederschlag, Feuchte usw. der letzten über 120 Jahre ablesen. Außer beispielsweise der Jahresmitteltemperatur sind sogenannte abgeleitete Größen wie Sommertage (maximale Tagestemperatur größer oder gleich 25 °C) oder Eistage (maximale Tagestemperatur kleiner als 0 °C) gute Indikatoren für auftretende Veränderungen. Es lässt sich damit anschaulich darstellen, wie sich einzelne Größen im Klimawandel entwickeln. Für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen sind diese Größen bedingt nutzbar. Anwendungsbezogene Informationen, zugeschnitten auf die einzelnen Handlungsfelder, haben hier einen deutlich praktischeren Wert. Aus diesem Grund wurde versucht herauszufinden, inwiefern die Akteure in den Handlungs-

feldern in der Praxis von Klimaänderungen betroffen sind, beispielsweise, ab welcher Temperatur landwirtschaftliche Einbußen auftreten oder wann der Winterdienst aktiv werden muss. Die in dieser Broschüre vorgestellte Auswahl an Klimakenngrößen geht deswegen über die Darstellung der Anzahl der Sommertage oder Eistage hinaus. Sie zeigt vielmehr das Potential für die Darstellung praxisorientierter Größen aus Kombinationen mehrerer meteorologischer Größen und spezifischer Grenzen mit Hilfe von regionalen Klimasimulationen. Für jede Klimakenngröße sind zudem die Auswirkungen auf die Handlungsfelder beschrieben. Die Verwendung von regionalen Klimasimulationen ermöglicht zudem, die Änderungen dieser Klimakenngrößen für die Zukunft abzuschätzen.

Daten und Karten

Für die Vergangenheit können die Häufigkeiten des Auftretens bestimmter Wetterereignisse oder Klimagrößen aus Beobachtungen ausgewertet werden. Für den Blick in die Zukunft erlauben regionale Klimamodelle, mögliche Änderungen zu projizieren. Damit ist eine Abschätzung möglicher Klimaänderungen in der nahen Zukunft (2021-2050) im Vergleich zu einem Kontrollzeitraum (1971-2000) für die einzelnen Regionen Baden-Württembergs möglich. Unterschiedliche Klimamodelle zeigen leicht unterschiedliche Ergebnisse, weswegen mehrere Klimamodelle verwendet wurden. So ist es möglich eine Bandbreite der erwarteten Änderungen anzugeben. Die Auswertungen beziehen sich immer auf 30-jährige Zeiträume. Regionen, in denen die Änderungen statistisch nicht belastbar sind, werden in den Karten schraffiert dargestellt.

Klimakenngrößen

Das Klima berührt unser Handeln auf verschiedene Art und Weise. Beispielsweise braucht eine Pflanze für ihr Wachstum eine gewisse Menge an Niederschlag im Frühjahr. Im vorliegenden Projekt würde diese Niederschlagsmenge zu der Zeit, in der die Pflanze wächst, als „Klimakenngröße“ definiert. Vorteil dabei ist, dass sie nun mit Klimasimulationen berechnet werden kann. Anschließend kann eine Aussage über beispielsweise die Anzahl der Jahre, in denen die Definition der Klimakenngröße zutrifft, getroffen werden. Viele solche Klimakenngrößen können definiert werden, hängt unser Handeln doch oftmals von beispielsweise Temperatur, Feuchte, Wind, oder auch deren Kombinationen ab.

Ausgewählte Klimakenngrößen

Wetterbedingungen für „mittleren Winterdienst“

Definition: Anzahl der Tage pro Jahr mit einer Tagestiefsttemperatur kleiner oder gleich 2 °C, wenn an diesen Tagen mindestens 0,5 mm Niederschlag fällt

Handlungsfeld: Wirtschaft / Energiewirtschaft (Winterdienst)

Bei Lufttemperaturen unter 2 °C in der Standardmesshöhe von zwei Metern können am Boden die Temperaturen in den Frostbereich fallen, weshalb der Winterdienst bereits dann streut, zum Teil nur auf besonders gefährdeten Straßen wie in Talsenken oder auf Brücken. Außerdem können Glättesituationen auftreten, wenn Restfeuchte am Boden gefriert oder die Luftfeuchte sich als Reif niederschlägt. Daher zeigt die Anzahl an Tagen mit solchen Wetterbedingungen, wie häufig Winterdienste pro Jahr mit sogenanntem „mittleren Winterdienst“ im Einsatz sein müssen (Streutage). Tage mit Schneefall, an denen geräumt und gestreut werden muss und ein „voller Winterdienst“ benötigt wird, sind hier eingeschlossen.

Eine Abnahme an Streutagen unter eine bestimmte Grenze könnte für eine Stadt Auswirkungen auf die Personalplanung, den Salzeinkauf oder die Anschaffung

und Unterhaltung von Streufahrzeugen haben. Geänderte Klimabedingungen könnten somit letztendlich zu Anpassungsmaßnahmen in diesen Bereichen führen. Wenn durch den Klimawandel die Temperaturen durchschnittlich höher werden und dadurch die Winter milder, können trotzdem weiterhin extreme Winter auftreten. Die Spannweite gegenüber einem in Zukunft durchschnittlichen Winter kann ebenfalls zunehmen. Das Problem für die Planung ist damit die Variabilität zwischen den Jahren.

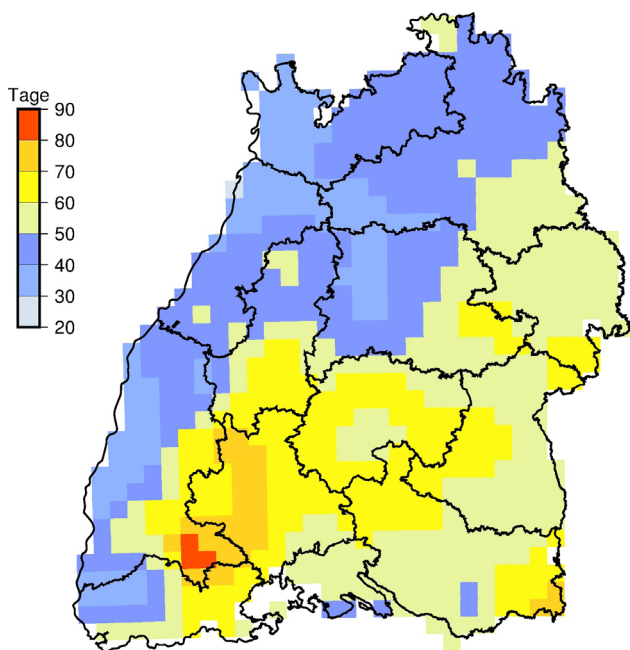
Klimatologie

Die Beobachtungen zeigen eine hohe Anzahl an Streutagen von bis zu 90 Tagen für den Kontrollzeitraum (1971-2000) in den Höhenlagen Baden-Württembergs. In der Rheinebene hingegen liegt die Anzahl an Streutagen etwa bei der Hälfte, also zwischen 40 und 50 Tagen. In der Region Südlicher Oberrhein gibt es große

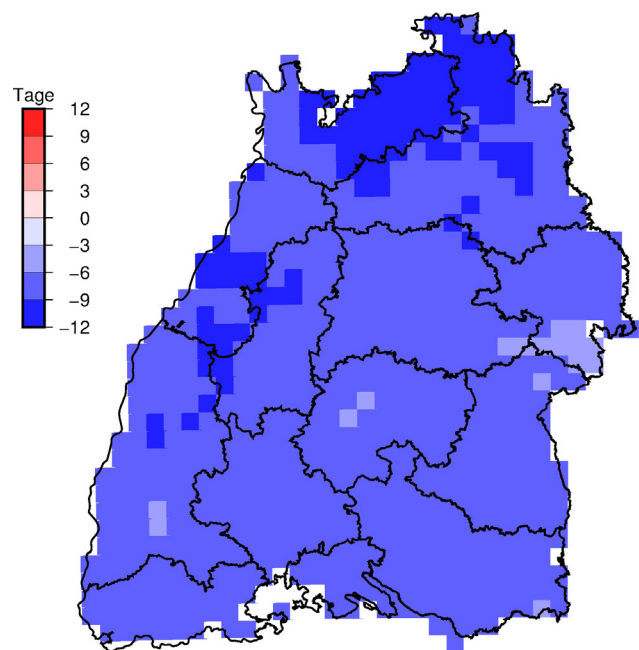


Unterschiede an Tagen mit Wetterbedingungen für „mittleren Winterdienst“ auf engem Raum, weil hier sowohl die tiefen Lagen am Oberrhein als auch die Höhenlagen rund um den Feldberg liegen.

Im Vergleich zwischen Kontrollzeitraum und naher Zukunft (2021-2050) zeigt sich, dass für alle Regionen eine Abnahme der Anzahl Tage für „mittleren Winterdienst“ erwartet wird. Die Abnahme liegt dabei zwischen drei und zwölf Tagen pro Jahr. Insgesamt sind die Abnahmen in allen Regionen Baden-Württembergs ähnlich. Zu beachten bleibt aber die hohe Schwankungsbreite der Witterungsbedingungen von Jahr zu Jahr.



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971-2000)



Erwartete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971-2000) und naher Zukunft (2021-2050)

Sehr heiße Tage

Definition: Mittlere Anzahl der Tage pro Jahr mit einer Tageshöchsttemperatur von mindestens 35 °C

Handlungsfeld: Wirtschaft / Energiewirtschaft (Straßenbau), Gesundheit (Arbeitsschutz)

Hitze kann zu Schäden an Straßen führen. Diese Schäden treten durch starke Erwärmung des Straßenbetons auf. Dadurch dehnt sich dieser aus, Spannungen innerhalb des Betons entstehen und lassen ihn nach oben aufbrechen. Durch eine häufigere Anzahl an Tagen mit hohen Temperaturen über 35 °C könnte es in Zukunft vermehrt zu solchen Straßenschäden kommen. Diese stellen eine hohe Gefährdung für Verkehrsteilnehmer dar und verursachen gleichzeitig Kosten für die Reparatur. Die hohen Temperaturen im Sommer 2015 führten beispielsweise zu der konkreten Anpassungsmaßnahme von Geschwindigkeitsbegrenzungen auf zahlreichen Autobahnen innerhalb Baden-Württembergs.

Im Bereich Arbeitsschutz betrifft Hitze besonders Personen, die im Freien arbeiten, beispielsweise auf Baustellen. Die Entscheidung über Maßnahmen bei Hitze liegt in diesem Fall beim Bauleiter

oder Führungspersonal. Maßnahmen können beispielsweise die Bereitstellung von Sonnencreme, Kopfbedeckung, Sonnenbrillen und ausreichend Wasser sein. Eine Alternative ist die Verlegung der Arbeitszeiten in die kühleren Morgen- oder Abendstunden.

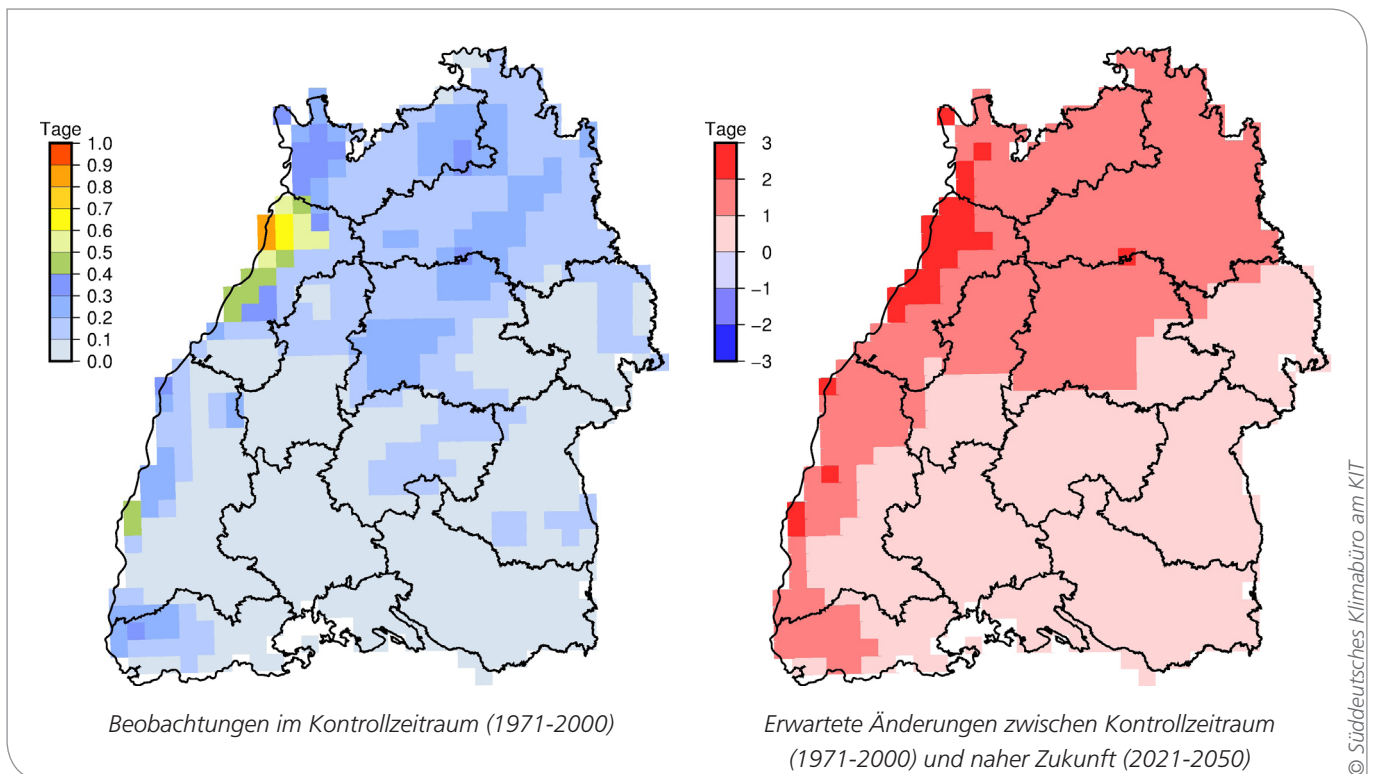
Klimatologie

Für den Kontrollzeitraum (1971-2000) liegt die beobachtete durchschnittliche jährliche Anzahl der sehr heißen Tage bei maximal einem. Zu beachten ist die Schwankungsbreite zwischen den Jahren, das heißt, in einzelnen Jahren treten keine auf, in anderen mehr als einer. Die Region mittlerer Oberrhein zeigt die höchste Anzahl an Tagen mit Temperaturen über 35 °C pro Jahr.

Die Modelle erwarten für die nahe Zukunft (2021-2050) in allen Regionen Baden-Württembergs einen Anstieg in der Anzahl an sehr heißen Tagen. Für



einzelne Regionen bedeutet dies eine Zunahme von bis zu drei Tagen pro Jahr. Deswegen ist zu erwarten, dass auf dem Bau zukünftig öfter Maßnahmen gegen Hitzebelastung ergriffen werden müssen und dass auch die Wahrscheinlichkeit für Straßenschäden steigen könnte. Auch eine Zunahme der Wahrscheinlichkeit für sehr heiße Tage in Regionen, die bisher selten oder nicht von solchen Ereignissen betroffen waren (Schwarzwald, Schwäbische Alb), wird erwartet.



Sommer 2003

Definition: Anzahl der Jahre in 30 Jahren, in denen im Sommer (Juni, Juli, August) mindestens die gleiche Anzahl an heißen Tagen (Tageshöchsttemperatur mindestens 30 °C) wie im Sommer 2003 auftritt

Handlungsfeld: Stadt- und Raumplanung, Gesundheit, Landwirtschaft, Wald und Forstwirtschaft

Der Sommer 2003 ist in Deutschland und auch in Baden-Württemberg als ein besonders heißer und trockener Sommer in Erscheinung getreten. Die Folgen waren beispielsweise hohe Sterberaten in Städten infolge von Hitzebelastungen, Hitzeschäden sowie Ernteeinbußen in der Landwirtschaft und Trockenheitsschäden an Bäumen. In der Stadt Karlsruhe war beispielsweise deswegen der Sommer 2003 Anlass für eine erste Strategie zum Klimawandel, die 2008 veröffentlicht wurde.

Ein Auftreten eines solchen Sommers kann in Zukunft bei nicht-ausreichenden Anpassungsmaßnahmen wieder zu Schäden führen. Aus diesem Grund wurde für ganz Baden-Württemberg die Anzahl heißer Tage (Tagesmaximumtemperatur über 30 °C) während des Sommers 2003 gezählt und mit den Sommern des Kontrollzeitraums und der Zukunft verglichen.

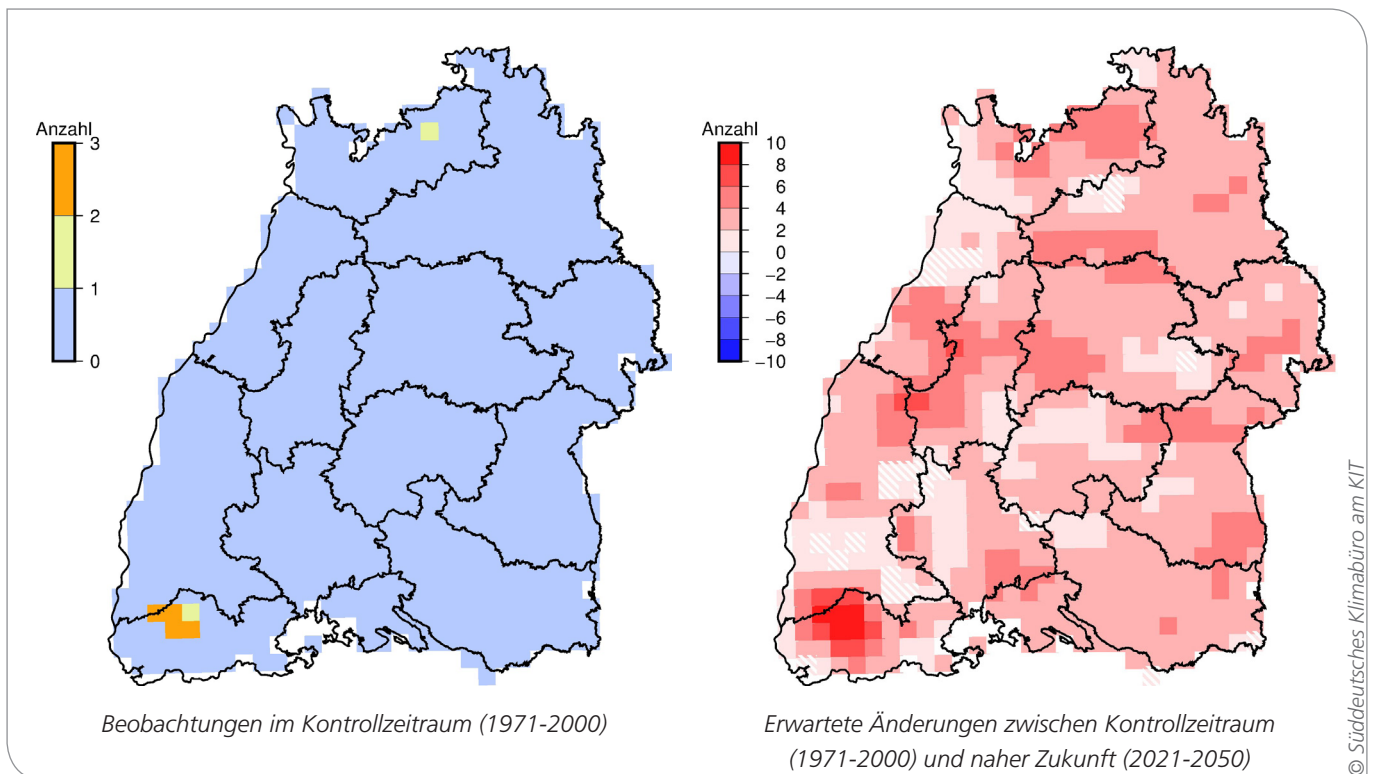
Klimatologie

Die Beobachtungen zeigen, dass im Kontrollzeitraum (1971-2000) in fast ganz Baden-Württemberg kein Sommer wie der Sommer 2003 aufgetreten ist. Lediglich in den Regionen Rhein-Neckar und Hochrhein-Bodensee (wo der Sommer 2003 nicht ganz so heiß war) traten ganz kleinräumig solche Bedingungen in ein bzw. zwei Sommern auf. Das heißt, dass der Sommer 2003 eine Ausnahme war.

In der nahen Zukunft (2021-2050) wird einen Anstieg um bis zu zehn „Sommern wie der Sommer 2003“ im Vergleich zum Kontrollzeitraum erwartet. Dieser Anstieg wird in allen Regionen Baden-Württembergs erwartet. Das heißt, dass zwar nicht jeder Sommer sehr heiß sein wird, dass in Zukunft aber vermehrt mit einer größeren Anzahl an Hitzetagen pro Sommer gerechnet werden muss.



© Rosel Eckstein / pixelio.de



Trockene, heiße Sommer und Jahre dazwischen

Definition „Trockene, heiße Sommer“:

Anzahl der trockenen und heißen Sommer (Monate Juni, Juli, August) in 30 Jahren; in diesen Sommern liegt die Durchschnittstemperatur mindestens 1 Grad höher als der klimatologische Mittelwert und die Niederschlagssumme ist geringer als 80 % des klimatologischen Mittelwerts

Definition „Jahre zwischen trockenen, heißen Sommern“:

Durchschnittliche Anzahl der Jahre zwischen trockenen, heißen Sommern

Handlungsfeld:

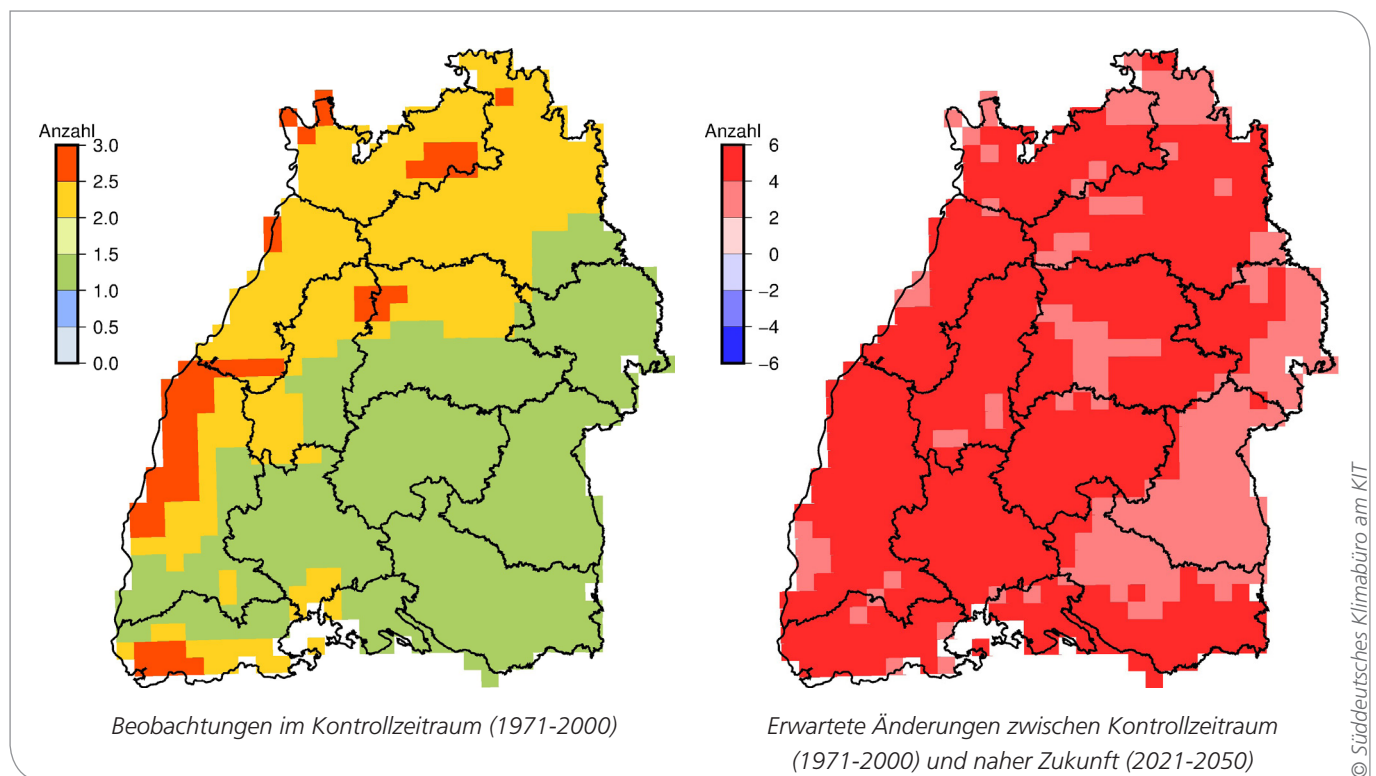
Stadt- und Raumplanung (z. B. Grünflächenplanung), Landwirtschaft (Obstbau), Wald- und Forstwirtschaft (Forstverwaltung)

Probleme mit Hitze resultieren oft nicht aus dem Klima allein, sondern aus der Überschneidung mit anderen Entwicklungen, zum Beispiel mit der Demographie. In der Stadtplanung wird künftig der Faktor Klima verstärkt berücksichtigt, beispielsweise beim Bau von Alten-

wohnheimen. Die Architektur hat über Beschattung und Dämmung zusätzliche Möglichkeiten. Stadtplanung, Bauleitplanung und Architektur müssen aber ein Gesamtpaket bilden: Bei Neubauten muss auf allen Ebenen eine möglichst geringe Verschlechterung der Wärmesituation

angestrebt werden, beispielsweise über Bebauungsdichte, die Ausrichtung der Gebäude oder Klimatisierung. Allerdings soll dabei der entstehende Energieverbrauch nicht den Klimaschutzbestrebungen entgegengewirkt werden.

Wenn die trockenen und heißen Sommer in Zukunft zunehmen, können die Schaffung von Grünflächen in der Stadt sowie die Auswahl der Baumaterialien Anpassungsmaßnahmen sein, um Hitzestress zu verhindern oder wenigstens zu verringern. Allerdings funktioniert dies nur, sofern die Pflanzen in den Grünflächen nicht selbst durch Hitze und Trockenheit belastet werden. Daher sollte bei Neuanlagen auf die Wahl der Baum- und Pflanzenart geachtet werden. Bäume und Pflanzen, die gegenüber Hitze und Trockenheit resistent sind, jedoch auch kalte Winter überstehen, die auch in Zukunft in einzelnen Jahren auftreten werden, wären hier eine geeignete Wahl. Vorhandene städtische Grünflächen führen zudem vor allem während Hitzeperioden zu einer Steigerung des Wohlbefindens und tragen deswegen zu einer höheren Lebensqualität in Städten bei.



Manche Bäume können Hitze und starker Trockenheit nicht standhalten und nehmen Schaden. Hitzeschäden wirken noch Jahre nach, sowohl infolge von Insektenvermehrung als auch in Form des Absterbens alter Bäume und neu gepflanzter Bäume. Schäden durch Trockenheit über einen längeren Zeitraum sind zum Teil erst nach zwei, drei Jahren als Kronenschäden an Bäumen sichtbar. Ein Abstand von mindestens fünf Jahren zwischen trockenen, heißen Sommern wäre wünschenswert für die Baumerholung.



© rebel / pixelio.de

Im Obstbau sind wärmere Sommer im Moment noch günstig für die Entwicklung der Obstbäume. Die Obstbäume brauchen dazu aber eine ausreichende Wasserversorgung im Sommer. In sehr trockenen Sommern könnte allerdings auch die künstliche Bewässerung durch Verbote infolge von niedrigen Wasserständen in Flüssen nicht mehr möglich sein.

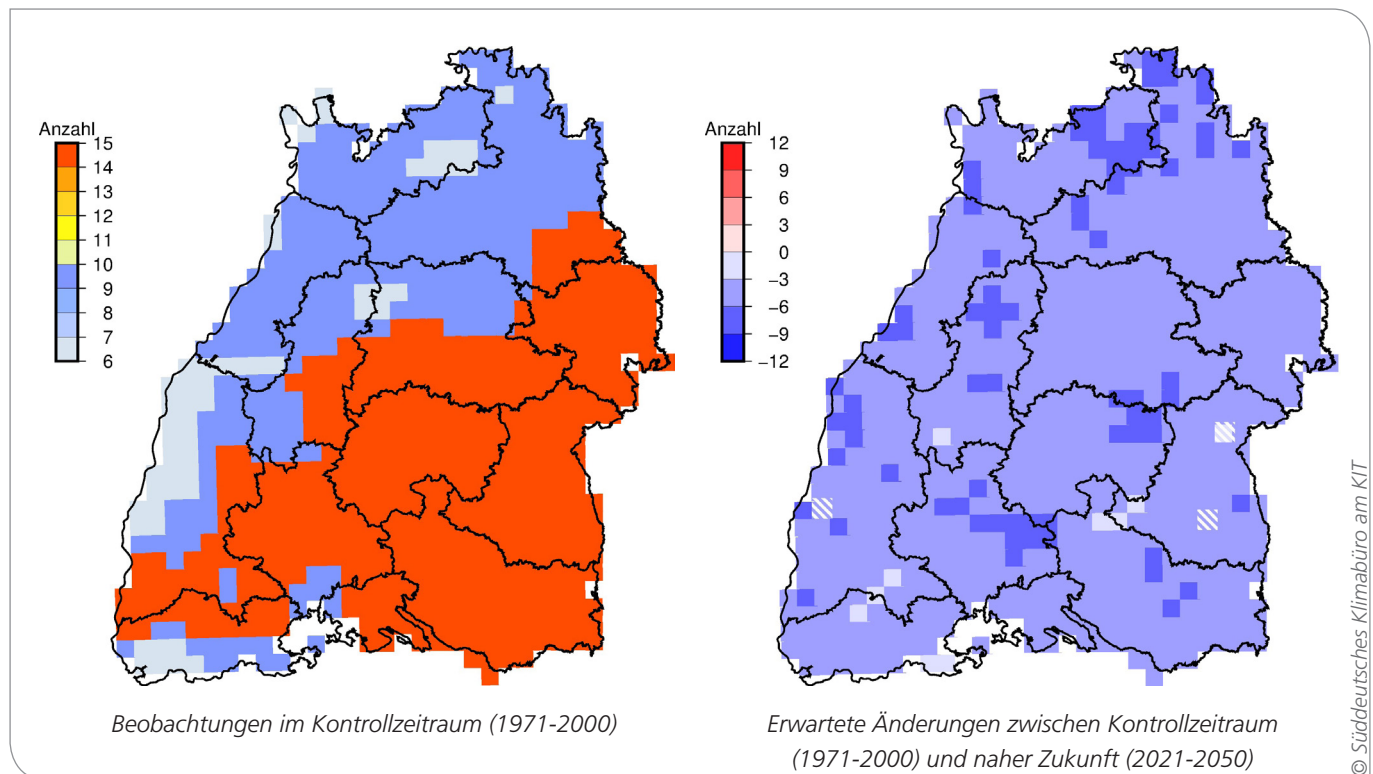
die Anzahl bei bis zu drei Sommern. Die durchschnittliche Zahl der Jahre zwischen diesen Ereignissen, liegt entsprechend in der Südosthälfte zwischen 14 und 15 Jahren, in der Nordwesthälfte Baden-Württembergs bei neun bis zehn sowie entlang des Rheins zwischen sechs und sieben.

nen, heißen Sommern wird auch eine Verkürzung des Zeitraums zwischen diesen Sommern erwartet. Er verkürzt sich in allen Regionen um vier bis sechs Jahre, kleinräumig um mehr (bis zu acht Jahre) oder weniger (bis zu zwei Jahre). Die erwarteten Änderungen sind dabei für alle Regionen ähnlich. Dies liegt daran, dass ein heißer, trockener Sommer durch die großräumige Wetterlage verursacht wird. Das heißt aber auch, dass die Erholungszeit für Bäume von fünf Jahren in der nahen Zukunft nicht mehr immer vorhanden sein wird.

Klimatologie

Die Anzahl trockener und heißer Sommer für Baden-Württemberg liegt im Kontrollzeitraum (1971-2000) durchschnittlich bei zwei Sommern in 30 Jahren. Im Norden und Westen Baden-Württembergs liegt

Für die nahe Zukunft (2021-2050) wird in ganz Baden-Württemberg eine Zunahme der Anzahl an trockenen heißen Sommern erwartet. Die Zunahme liegt zwischen zwei und sechs Sommern. Aufgrund der erwarteten höheren Anzahl an trockenen,



Tage mit Starkniederschlag

Definition: Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme ab 25 mm bzw. ab 40 mm

Handlungsfelder: Stadt- und Raumplanung (Infrastruktur, Tiefbau), Wirtschaft / Energiewirtschaft (Versicherungswirtschaft)

Vor allem in Städten sind Starkniederschläge ein Wetterereignis, das hohe Schäden verursachen kann. Hohe Niederschlagssummen können beispielsweise zur Überbelastung des Abwassernetzes führen und lokale Überschwemmungen verursachen sowie Auswirkungen auf die Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung haben. Besondere Gefahr von Überschwemmungen besteht, wenn eine hohe Niederschlagsmenge nicht gleichmäßig über den Tag verteilt fällt, sondern in sehr kurzen Zeiträumen von wenigen Minuten bis Stunden, beispielsweise bei Gewittern. Ereignisse, bei denen Wasser in Häuser eindringt, verursachen hohe Kosten, auch für Versicherungen.

Anpassungsmaßnahmen können sein, dass Straßen wasserführend werden können, sodass Kellereingänge verschlossen werden sollten, Eingänge nicht mehr tiefer liegen dürften, Heizungssysteme nicht im Keller sein sollten, usw. Eine Vergrößerung der Abwasserkanäle ist zu meist aus Kostengründen nicht umsetzbar.

Klimatologie

Im Kontrollzeitraum (1971-2000) wurden in Baden-Württemberg durchschnittlich zwischen null und zwölf Starkniederschlagstage mit einer Niederschlagssumme ab 25 mm beobachtet, die meisten in den höheren Lagen von Schwarzwald und im Allgäu. Die jährliche Zahl der Tage mit einer Niederschlagssumme ab 40 mm lag im Kontrollzeitraum in den meisten Gebieten Baden-Württembergs zwischen null und eins. Nur in den Höhenlagen von Schwarzwald und Allgäu waren es bis zu drei Tage im Jahr.

Für die nahe Zukunft (2021-2050) wird eine Zunahme der jährlichen Zahl an Starkniederschlagstagen ab 25 mm erwartet, in den meisten Teilen Baden-Württembergs um 0,4 bis 0,8 Tage, im Schwarzwald und im Allgäu um bis zu 1,6 Tage pro Jahr. Eine Zunahme hier ist zumeist weniger von Bedeutung, da diese Regionen sich aus der Erfahrung der Vergangenheit teilweise schon angepasst haben oder nicht dicht besiedelt sind.



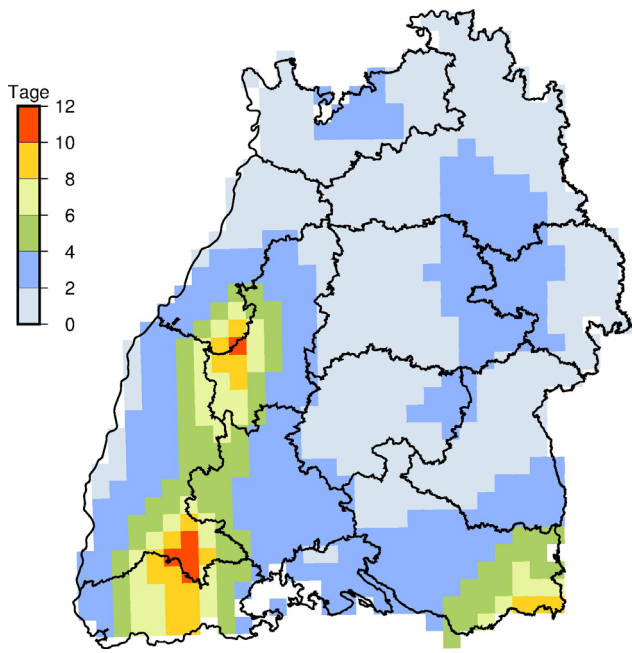
© Kunstzirkus / pixelio.de

Für die Zahl der Starkniederschlagstage ab 40 mm Niederschlag an einem Tag werden ebenfalls Zunahmen erwartet. In den meisten Gebieten sind die erwarteten Zunahmen deutlich geringer als bei Starkniederschlagstagen ab 25 mm und liegen zwischen 0 und 0,4 Tagen pro Jahr, im Schwarzwald bei bis zu 1,6 Tagen pro Jahr. Diese Tage treten allerdings grundsätzlich seltener auf, weswegen die Änderungen zum Teil nicht statistisch abgesichert werden konnten und deswegen kein klares Bild zeigen.

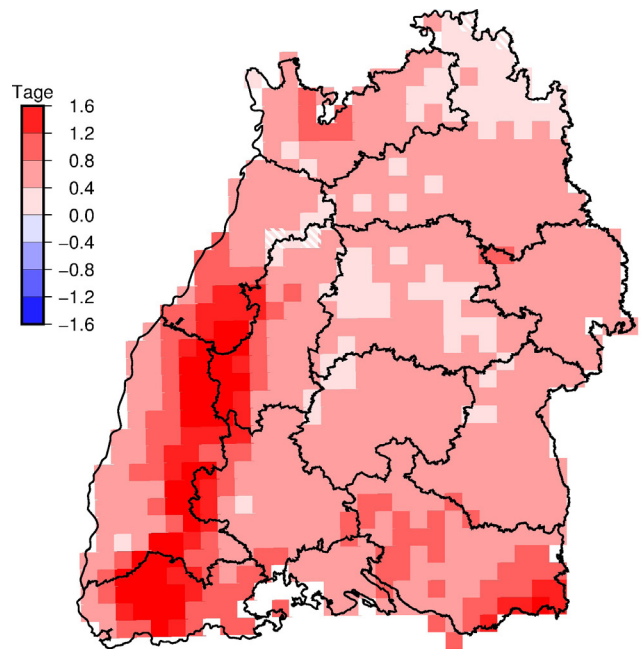


© Oliver Weber / pixelio.de

Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme ab 25 mm



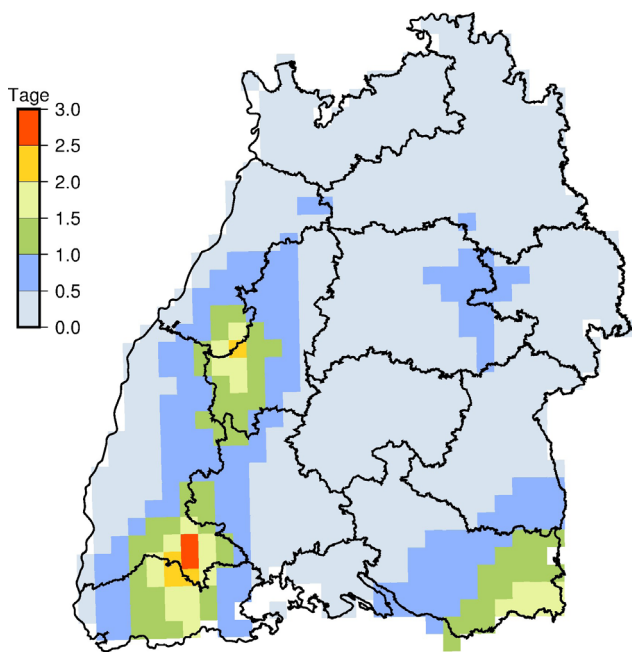
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971-2000)



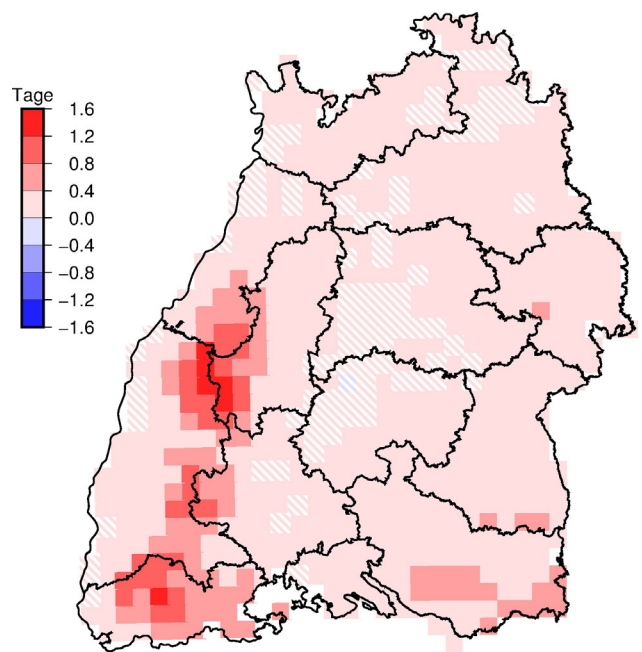
Erwartete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971-2000) und naher Zukunft (2021-2050)

© Süddeutsches Klimabüro am KIT

Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme ab 40 mm



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971-2000)



Erwartete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971-2000) und naher Zukunft (2021-2050)

© Süddeutsches Klimabüro am KIT

Tage mit Schneebedeckung und regnerische Wintertage

Definition „Tage mit Schneebedeckung“:

Tage pro Jahr mit Tagestiefsttemperatur kleiner gleich 0 °C mit mindestens 5 mm Tagesniederschlag plus darauffolgende Tage mit Minimumtemperatur unter 0 °C, unabhängig von der Niederschlagsmenge

Definition „Regnerische Wintertage“:

Summe der Tage pro Jahr zwischen November und März, an denen es regnet; an diesen Tagen muss die Tagesmitteltemperatur über 2 °C liegen (sodass kein Schnee fällt) und mindestens 0,5 mm Niederschlag fallen

Handlungsfeld: Tourismus (Hotelgewerbe)

Für den Tourismus hat das Wetter erheblichen Einfluss auf die Gästezahlen. Dabei spielt, vor allem für Tagestouristen und kurzfristige Urlaubsbuchungen, zum einen eine Rolle, welches Wetter tatsächlich ist, zum anderen, welches für die folgenden Tage vorhergesagt ist. Die langfristige Entwicklung ist sehr wichtig, wenn es um das dazugehörige Investitionsverhalten geht. Schon heute kommen keine „reinen Wintersportler“ mehr in den Schwarzwald, die Gäste bringen Ihre Skier mit und fahren, wenn es möglich ist. Liegt kein Schnee, greifen sie auf andere Angebote zurück. Viele Hotels haben deswegen ihr Wellness-Angebot ausgebaut und zahlreiche Wellness-Hotels sind im Schwarzwald entstanden. Diese Veränderung ist zwar zu einem erheblichen Teil auf die Winter-Witterung zurückzuführen,

ein genereller Trend von Wellness ist zusätzlich zu beobachten. Ebenso sind weitere Indoor-Aktivitäten wie Hallenklettern oder Indoor-Bogenschießen stark im Kommen. Diese Angebote sind natürlich auch in den anderen Jahreszeiten nutzbar und daher eine Investition nicht nur für den Wintertourismus.

Beachtet werden muss, dass neben der Schneebedeckung auch die Schneehöhe eine Rolle spielt. Für den Wandertourismus ist eine dünne Schicht Schnee ausreichend für eine ansprechende weiße Landschaft. Skifahrer hingegen brauchen eine Schneedecke von ca. 40 bis 50 cm, um problemlos Skifahren zu können.

Der Schwarzwald hebt sich gegenüber vielen anderen Mittelgebirgen durch

den Wintertourismus ab. Wenn der Schwarzwald diesen Vorteil in Zukunft verliere, könnte er nicht mehr mit anderen Regionen mit Wintersport konkurrieren.

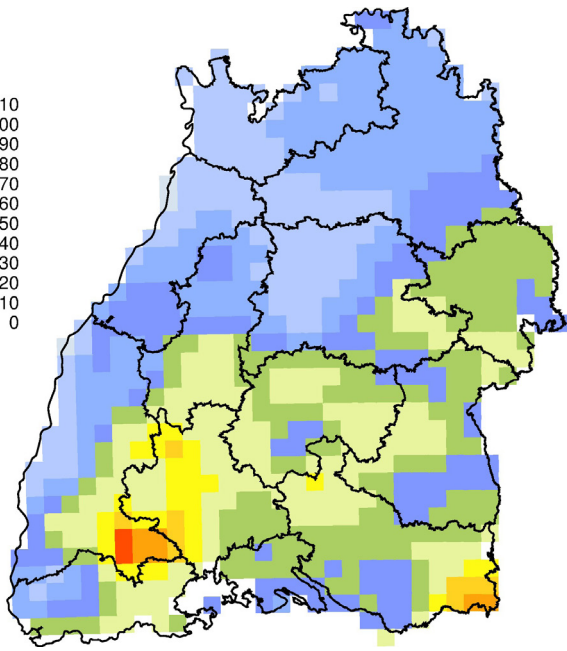
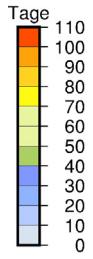
Klimatologie

Schneebedeckung gab es im Schwarzwald im Kontrollzeitraum (1971-2000) an etwa 20 Tagen bis 100 Tagen pro Jahr in den höchsten Lagen. Dies kommt mit der Erfahrung von Experten überein, welche sogar in einem „schlechten“ Winter wie 2015 / 2016 rund um den Feldberg noch acht Wochen, sprich knapp 60 Tage, mit Schneebedeckung beobachteten. Für die nahe Zukunft (2021-2050) werden im Schwarzwald zwischen 5 und 25 Tage weniger mit Schneebedeckung erwartet.

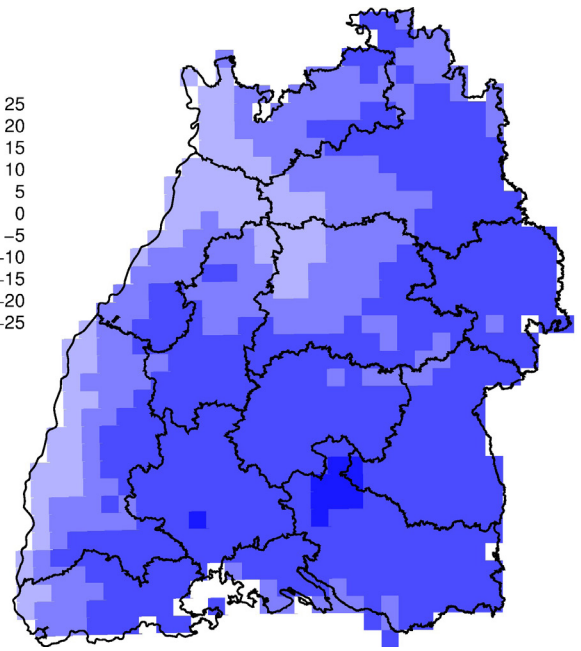
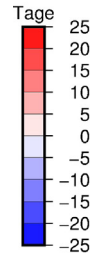
Zwischen November und März gab es im Schwarzwald im Kontrollzeitraum durchschnittlich zwischen 30 und 55 Regentage. Die Zahl steigt mit der Höhenlage und die Maximalwerte treten entsprechend rund um den Feldberg im Südschwarzwald und die Hornisgrinde im Nord-schwarzwald auf. Dort treten im Jahr ohnehin die höchsten Niederschläge auf. In naher Zukunft wird eine Zunahme um bis zu neun Tage erwartet. Zu beachten bleibt die Schwankungsbreite von Jahr zu Jahr.



Tage mit Schneebedeckung



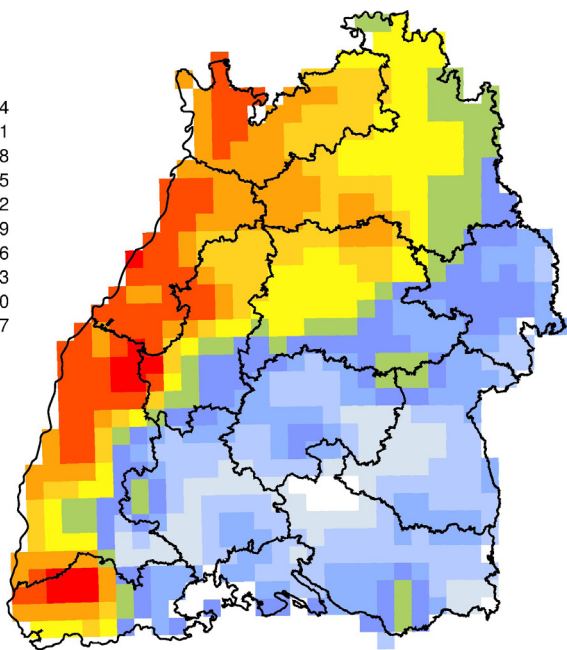
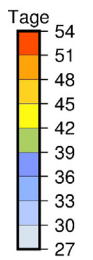
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971-2000)



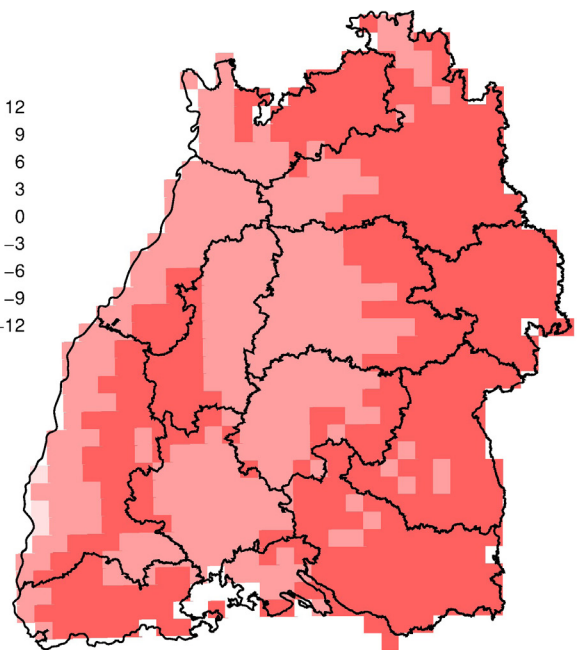
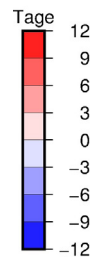
Erwartete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971-2000) und naher Zukunft (2021-2050)

© Süddeutsches Klimabüro am KIT

Regnerische Wintertage



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971-2000)



Erwartete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971-2000) und naher Zukunft (2021-2050)

© Süddeutsches Klimabüro am KIT

Windböen

Definition „Böen zwischen 75 und 100 km/h“:

Zahl der Tage in 30 Jahren, an denen Böen zwischen 75 und 100 km/h auftreten

Definition „Böen über 100 km/h“:

Zahl der Tage in 30 Jahren, an denen Böen über 100 km/h auftreten

Handlungsfelder:

Wirtschaft / Energiewirtschaft (Energieversorgung, Infrastruktur, Versicherungswesen), Wald- und Forstwirtschaft (Forstverwaltung)

Starke Böen können Schäden an Bäumen (Astabbrüche, umstürzende Bäume), an Häusern (abgedeckte Dächer) und an der Infrastruktur (abgerissene Stromleitungen, Bahnüberleitungen) verursachen. Herumfliegende Gegenstände und umstürzende Bäume stellen eine Gefahr für Menschen dar. Ein Beispiel für einen sehr schadens-

trächtigen Sturm der letzten Jahrzehnte für die Wälder im Schwarzwald war Orkan Lothar am 26. Dezember 1999.

Klimatologie

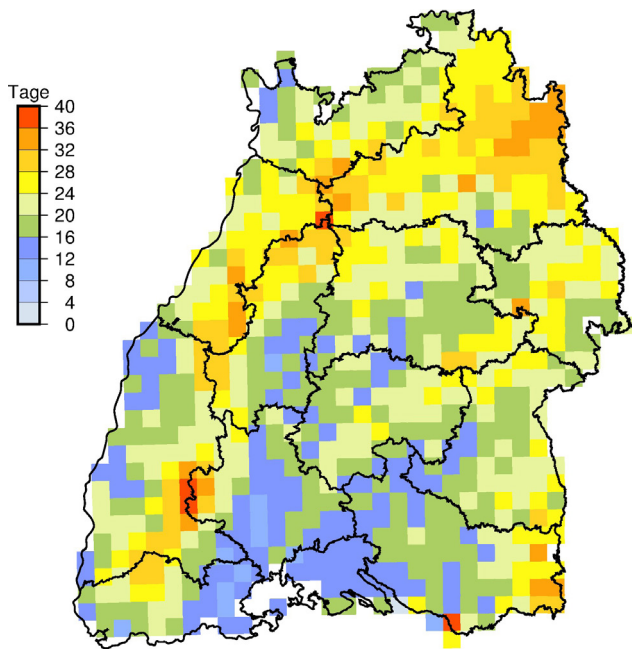
Im Kontrollzeitraum (1971-2000) zeigen die Beobachtungen in Baden-Württemberg eine große räumliche Streuung in

der Häufigkeit von Böen zwischen 75 und 100 km/h. Durchschnittlich treten sie an zwischen vier und 40 Tagen pro Jahr auf. Über 30 Tage sind es in den höheren Lagen des Schwarzwaldes und in der Region Heilbronn-Franken, weniger als 16 Tage in den Regionen Hochrhein-Bodensee und direkt am Rhein. Windböen über 100 km/h treten an deutlich weniger Tagen pro Jahr auf, in den meisten Regionen unter zweimal pro Jahr und nur an einzelnen Gitterpunkten bis zu fünfmal im Jahr.

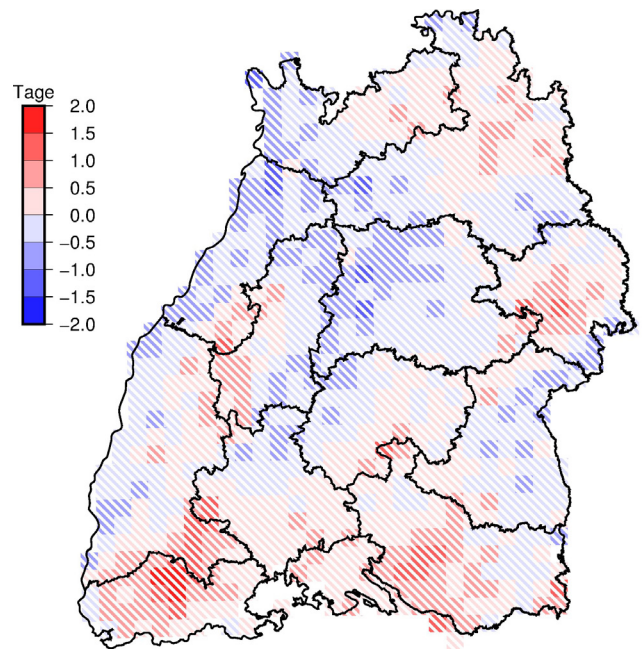
Für die nahe Zukunft (2021-2050) werden in Baden-Württemberg für diese Böen-Größen keine statistisch signifikanten Änderungen erwartet.



Böen zwischen 75 und 100 km/h



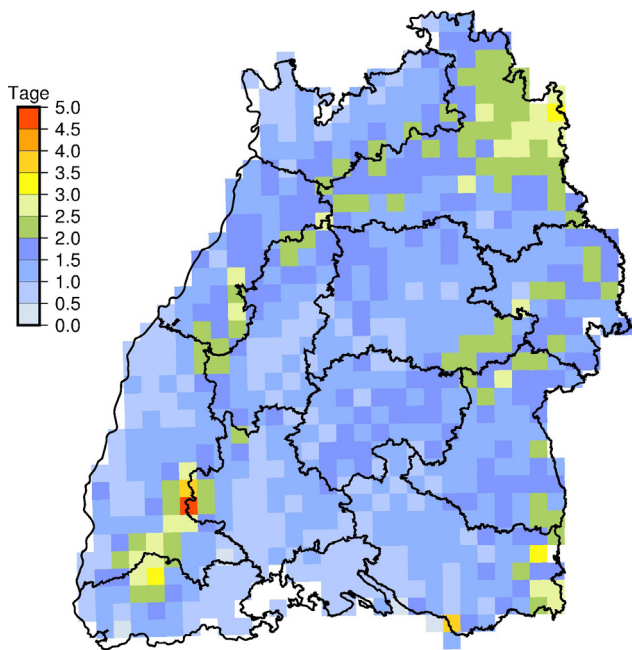
Mittelwert der Klimamodellergebnisse im Kontrollzeitraum (1971–2000) - keine Beobachtungen vorhanden



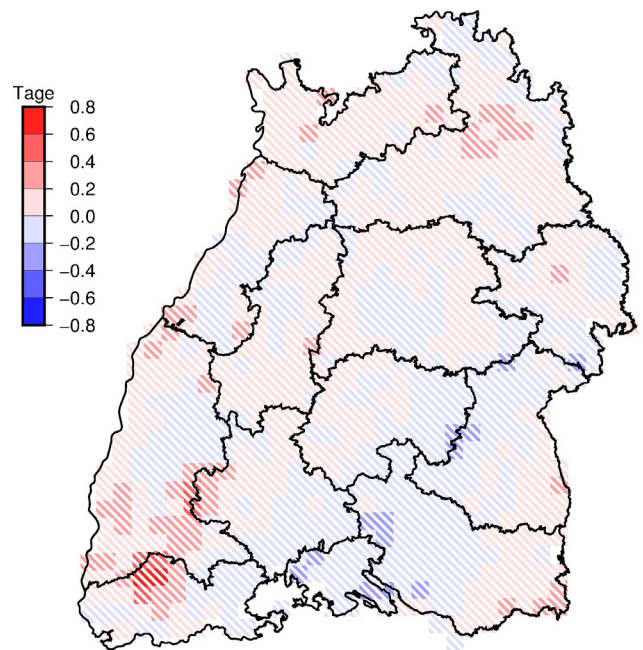
Erwartete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971-2000) und naher Zukunft (2021-2050)

© Süddeutsches Klimabüro am KIT

Böen über 100 km/h



Mittelwert der Klimamodellergebnisse im Kontrollzeitraum (1971–2000) - keine Beobachtungen vorhanden



Erwartete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971-2000) und naher Zukunft (2021-2050)

© Süddeutsches Klimabüro am KIT

Günstige Wetterbedingungen für Zecken

Definition: Tage mit einer Durchschnittstemperatur von mindestens 8 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 70 und 80 % zwischen März und November

Handlungsfeld: Gesundheit

Der Aktivitätsbeginn von Zecken ist sehr stark von Temperatur und Luftfeuchte abhängig. Die Zeckenart „Gemeiner Holzbock“ (*Ixodes ricinus*) kommt in Baden-Württemberg am häufigsten vor und befällt auch den Menschen. Er ist in Deutschland etwa zwischen März und November aktiv, bei Lufttemperaturen ab 8 °C, einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 70 % und 80 % und einer gewissen Bodenfeuchtigkeit.

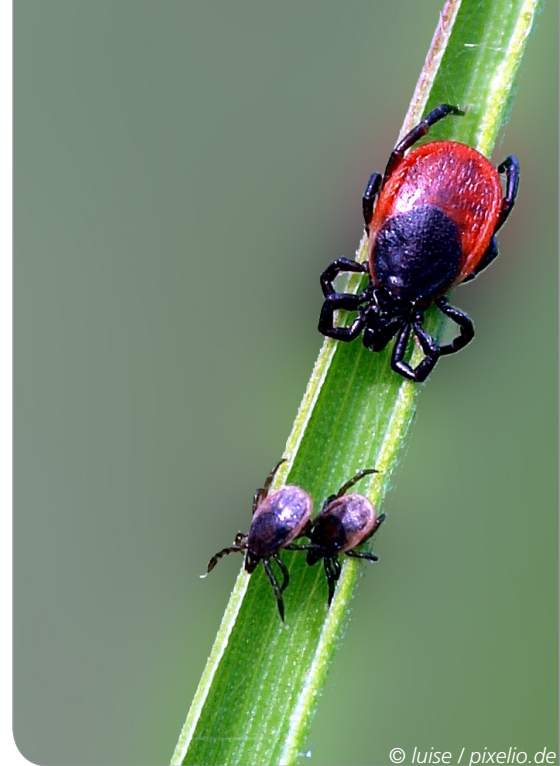
Auch Wintertemperaturen sind von Einfluss auf die Aktivität von dieser Zeckenart, da bei milden Wintern die Wintersterblichkeit der Zecken sinkt. Wegen der erwarteten Erhöhung der Lufttemperatur in der Zukunft wird deswegen auch ein früherer Aktivitätsbeginn der Zecken und eine Erhöhung der Aktivität wegen

sinkender Wintersterblichkeit erwartet.

Für die Berechnung der günstigen Wetterbedingungen für Zecken wurden nur Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit auf Tagesbasis berücksichtigt. Die Bodenfeuchtigkeit und eine milde Winter konnten aufgrund der verwendeten Datengrundlage leider nicht berücksichtigt werden.

Klimatologie

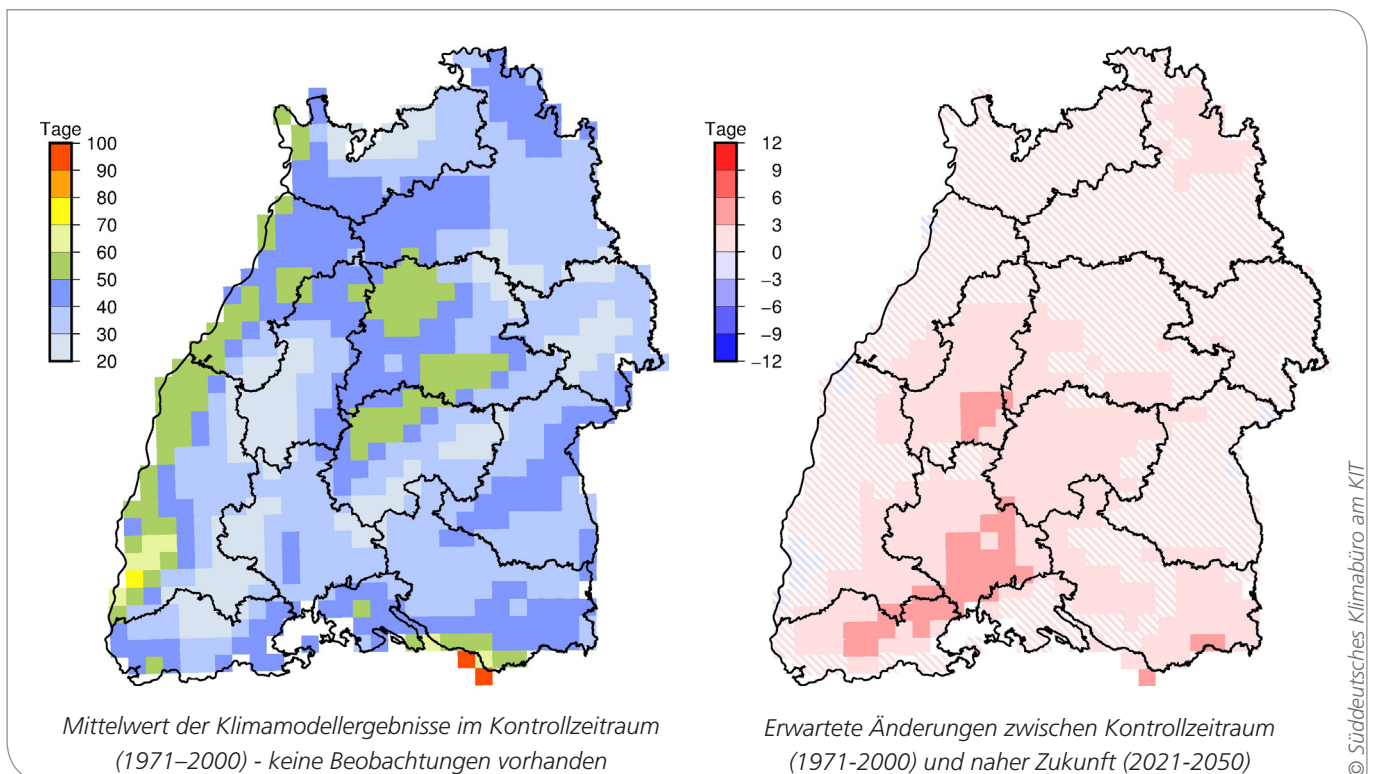
Günstige Wetterbedingungen für Zecken traten im Kontrollzeitraum (1971-2000) an durchschnittlich 50 bis 60 Tagen entlang des Rheins sowie teilweise in den Regionen Stuttgart und Neckar-Alb auf sowie am Rand des Bodensees. In den Höhenlagen Baden-Württembergs waren es mit 20 Tagen deutlich weniger Tage.



© luise / pixelio.de

In der nahen Zukunft (2021-2050) werden leichte Änderungen mit Zunahmen um drei bis sechs Tage nur in den Regionen Hochrhein-Bodensee, Schwarzwald-Baar-Heuberg und Nordschwarzwald erwartet.

Wegen der geringen Zunahme sind die Ergebnisse für weiten Teile Baden-Württemberg statistisch nicht belastbar.



Literaturnachweise

- Billen, N. und K. Stahr, 2013: Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Fachgutachten für das Handlungsfeld Boden. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 112 Seiten
- Flaig, H., 2013: Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels – Fachgutachten für das Handlungsfeld Landwirtschaft. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 210 Seiten
- Franzaring, J., I. Henning-Müller, R. Funk, W. Hermann, V. Wulfmeyer und A. Fangmeier, 2007: Auswirkungen solarer, klimatischer und atmosphärischer Komponenten auf landwirtschaftliche Erträge? Ber. Inst. Landsch. Pflanzenökol. Univ. Hohenheim, Heft 14/15/16, 2004-2006, S. 67-78
- Haylock, M. R., N. Hofstra, A. M. G. Klein Tank, E. J. Klok, P. D. Jones und M. New, 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. *J. Geophys. Res. (Atmospheres)*, 113, D20119, doi:10.1029/2008JD10201
- Hemberger, C. und J. Utz, 2013: Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Fachgutachten für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 213 Seiten.
- Hillebrand, W., D. Lorenz und F. Louis, 1995: Rebschutz 10. Auflage – Fachverlag Fraund (Bad Kreuznach)
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change: Climate Change, 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., and Midgley, P.M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 S., doi:10.1017/CBO9781107415324
- Kellermann, C., 1966: Grundlagen Landtechnik Bd. 5 – Über die Bedeutung von Ungleichmäßigkeiten des Getreidefeuchtegehaltes beim Füllen und Entleeren von Belüftungs- und Warmluftsatztrocknern, 189 Seiten
- Kunz-Plapp, T., Hackenbruch, J., Schipper, J. W. 2016: Factors of subjective heat stress of urban citizens in contexts of everyday life. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 16, 977-994, doi:10.5194/nhess-16-977-2016
- Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, Referat 96, 2013: Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels – Fachgutachten für das Handlungsfeld Gesundheit, Teil A: Langfassung. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 293 Seiten. URL (Zugriff 04.03.2015): <http://www.fachdokumente.lubw.badenwuerttemberg.de/servlet/is/109344/U13-W04-N17.pdf?command=downloadContent&filename=U13-W04-N17.pdf&FIS=91063>
- LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2013: Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg – Perspektiven aus regionalen Klimamodellen. Langfassung. <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/229984/> (Zugriff: 22.02.2016).
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2015: Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg – Vulnerabilitäten und Anpassungsmaßnahmen in relevanten Handlungsfeldern. URL: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/mum/intern/Dateien/Dokumente/4_Klima/Klimawandel/Anpassungsstrategie.pdf (Zugriff 29.3.2016)
- Rainer, A., G. Klein und H. Mewes (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
- Roth, R., A. Krämer (Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Natursport und Ökologie), J.-F. Kobernuß, C. Schrahe (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
- Schlumprecht, H., 2013: Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Fachgutachten für das Handlungsfeld Naturschutz. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 212 Seiten
- Schwartz, B. G., C. Qualls, R. A. Kloner und W. K. Laskey, 2015: Relation of Total and Cardiovascular Death Rates to Climate System, Temperature, Barometric Pressure, and Respiratory Infection. *The American Journal of Cardiology*. Volume 116, Issue 8, S. 1290–1297
- Sedlmeier, K., 2015: Near future changes of compound extreme events from an ensemble of regional climate simulations. Dissertation am Karlsruher Institut für Technologie. URN: urn:nbn:de:swb:90-509128
- Steinmetz H., S. Wieprecht und A. Bardossy (WFZ), 2013: Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Fachgutachten für das Handlungsfeld Wasserhaushalt. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 193 Seiten.
- Umweltbundesamt und DWD, 2008: Klimawandel und Gesundheit – Informationen zu gesundheitlichen Auswirkungen sommerlicher Hitze und Hitzewellen und Tipps zum vorbeugenden Gesundheitsschutz, 5 Seiten
- Unsel, R., 2013: Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Fachgutachten für das Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 68 Seiten
- Wilks, D. S., 2007: Statistical methods in the atmospheric sciences. *International Geophysics Series Vol 91*, 627 Seiten
- Yuri, J. A., V. Lepe, C. Moggia, R. Bastias und L. Bertschinger, 2004: Sonnenbrand beim Apfel. *Schweiz. Zeitschrift für Obst und Weinbau* Nr. 8/04, S. 7-9

Das Süddeutsche Klimabüro am KIT vermittelt zwischen Klimaforschung und Gesellschaft und stellt für Medien, öffentliche Organisationen sowie Entscheidungsträger aus Wirtschaft und Politik wissenschaftliche Informationen zu Klima und den Auswirkungen des regionalen Klimawandels bereit. Dabei wird auf Forschungsergebnisse und auf die Expertise des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung, dem das Süddeutsche Klimabüro zugehörig ist, weiterer Institute des KIT und anderer Einrichtungen im süddeutschen Raum zurückgegriffen.



Kontakt

Dr. Hans Schipper
Julia Hackenbruch
Hilke Lentink
Sebastian Müller

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Meteorologie und Klimaforschung
Süddeutsches Klimabüro am KIT
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
E-Mail: klimabuero@kit.edu
www.sueddeutsches-klimabuero.de



Gedruckt auf 100% Recycling-Papier (Umweltsiegel „Euroblume“)

DOI: 10.5445/IR/1000056490

2. Auflage (2016)

Herausgeber

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
www.kit.edu

Karlsruhe © KIT 2016

